

Aus der Medizinischen und Gerichtlichen Veterinärklinik
der Justus Liebig-Universität zu Gießen
Lehrstuhl I: Professor Dr. H. Eikmeier

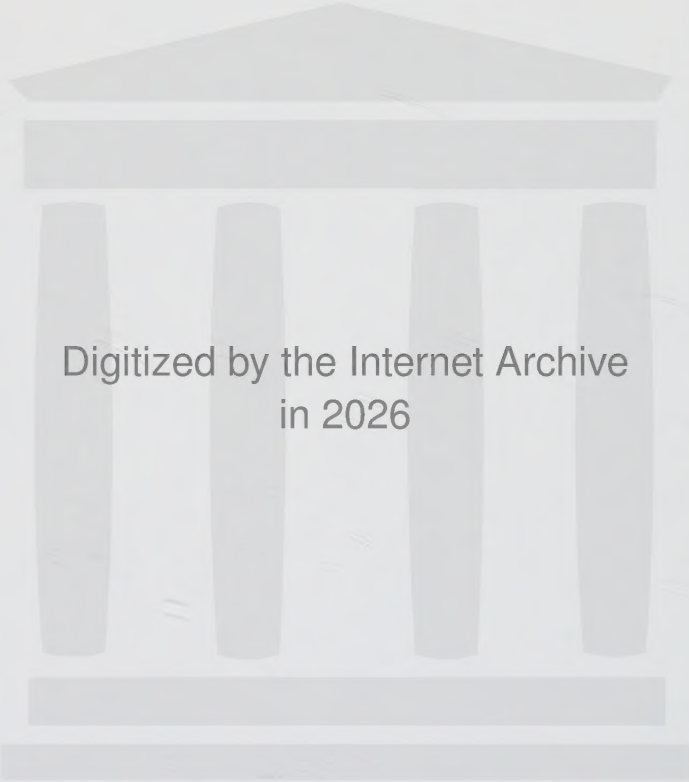
**Über die Bestimmung der veresterten Fettsäuren
im Serum gesunder Schlachtschweine und die
Beziehung zum Fleisch-Fett-Verhältnis**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

Eingereicht von
Helmut Rödder
Tierarzt aus Anklam

Gießen 1971



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545921_0030

Aus der Medizinischen und Gerichtlichen Veterinärklinik
der Justus Liebig-Universität zu Gießen
Lehrstuhl I: Professor Dr. H. Eikmeier

**Über die Bestimmung der veresterten Fettsäuren
im Serum gesunder Schlachtschweine und die
Beziehung zum Fleisch-Fett-Verhältnis**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Universität zu Gießen



Eingereicht von
Helmut Rödder
Tierarzt aus Anklam

Gießen 1971

Mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen Fakultät
in Gießen

Dekan: Prof. Dr. G. LÄMMLER

Berichterstatter: Prof. Dr. H. EIKMEIER

Tag der mündlichen Prüfung: 9. Juli 1971



INHALTSVERZEICHNIS

A. VORWORT

B. EINLEITUNG

1. Bedeutung der Arbeit 1

2. Aufbau der Arbeit 2

3. Zielsetzung der Arbeit 3

4. Methodik der Arbeit 4

5. Ergebnisse der Arbeit 5

6. Zusammenfassung 6

7. Literaturverzeichnis 7

8. Anhang 8

9. Bibliographie 9

10. Zusammenfassung 10

11. Literaturverzeichnis 11

12. Anhang 12

13. Bibliographie 13

14. Zusammenfassung 14

15. Literaturverzeichnis 15

16. Anhang 16

17. Bibliographie 17

18. Zusammenfassung 18

19. Literaturverzeichnis 19

20. Anhang 20

Meiner Mutter gewidmet

Inhaltsverzeichnis

	Seite
<u>A. EINLEITUNG</u>	4
<u>B. SCHRIFTTUM</u>	5
1. Einteilung, Nomenklatur und Chemie der Fette	5
2. Bedeutung und Vorkommen der Lipide im Organismus unter besonderer Berücksichtigung der veresterten Fettsäuren	11
3. Fettstoffwechsel	16
4. Normalwerte der Serumlipide bei Tieren	29
5. Physiologische und pathologische Schwankungen der Serumlipide	34
6. Bestimmungsverfahren für veresterte Fettsäuren	38
7. Das Fleisch-Fett-Verhältnis bei Schlachtschweinen	44
8. Bestimmungsmethoden des Fleisch-Fett-Verhältnisses	46
<u>C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN</u>	53
1. Tiermaterial	53
2. Methodik	54
3. Untersuchungsergebnisse	57
a) Veresterte Fettsäuren im Blutserum gesunder Schlachtschweine	57
b) Beziehung der Serumfettsäurewerte zum Fleisch-Fett-Verhältnis	63
<u>D. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE</u>	65
<u>E. ZUSAMMENFASSUNG</u>	70
<u>F. SCHRIFTTUMVERZEICHNIS</u>	71

A. EINLEITUNG

Entsprechend den Marktwünschen ist heute das Zuchtziel in der Schweinezucht ein fettarmes, fleischreiches Schwein. Zum Fettansatz neigende Tiere müssen deshalb von der Zucht ausgeschlossen werden. Durch die Bestimmung des Fleisch-Fett-Verhältnisses können Aussagen über die Schlachtkörperqualität gemacht werden.

In der Vergangenheit sind eine Reihe von Verfahren beschrieben worden, die durch Messungen am lebenden und am toten Tier Rückschlüsse auf den Schlachtkörperwert geben: manuelle Proben (HAZEL und KLINE 1959), Anzahl der Erythrozyten (DOORNENBAL et al. 1962), Radioaktivitätsmessungen mittels 40-Kalium-Gamma (PFAU et al. 1963), Röntgenuntersuchungen (KLIESCH und HORST 1964), Echolotverfahren (WENIGER et al. 1967), Ultraschallschnittbildsystem (HORST 1970) u.a.

Eine einfache Bestimmung des Fleisch-Fett-Verhältnisses, wie z.B. über die Serumlipide, ergäbe, daß schon während der Mastperiode Aussagen über die Verteilung von Fleisch und Fett gemacht werden könnten. Die Kenntnis dieser Werte erlaubte es, Schweine frühzeitig von der Zucht auszuschließen. Auch bei der Schlachtung des Tieres könnten die Messungen am Schlachtkörper, die z.T. erst nach Anschnitten bzw. nach völliger Zerlegung möglich sind, eingespart werden, wenn ein geeignetes einfaches Ersatzverfahren zur Verfügung stände.

Herr Prof. Dr. H. Eikmeier stellte es mir daher zur Aufgabe, die veresterten Fettsäuren im Blutserum von Schlachtschweinen zu bestimmen und die Beziehung der gefundenen Werte zum Fleisch-Fett-Verhältnis dieser Schweine zu überprüfen.

B. SCHRIFTTUM

1. Einteilung, Nomenklatur und Chemie der Fette.

Als Fette oder Lipide werden alle jene Stoffe bezeichnet, die sich mittels Alkohol-Äther oder anderer organischer Lösungsmittel aus Geweben extrahieren lassen, in Wasser jedoch unlöslich sind. Die Lipide werden grob unterteilt in:

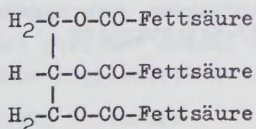
1. eigentliche Lipide
 2. Lipoide (fettähnliche Stoffe)
- (LEUTHARDT 1963, KARLSON 1964)

Die Einteilung und Nomenklatur der Lipide war in der Vergangenheit sehr uneinheitlich. Deshalb soll hier der Vorschlag der Kommission für klinische Chemie in der Deutschen Gesellschaft für Physiologische Chemie in der Modifikation von Kühnau und Zöllner übernommen werden (Tabelle I).

Die Einteilung erfolgt nach der Alkoholkomponente, die mit einer Vielzahl von Verbindungen (Säuren, in erster Linie Fettsäuren) verestert sein kann (LUDWIG 1968).

Neutralfette

Die Glyceride oder Neutralfette sind als Ester des dreiwertigen Alkohols Glycerin mit Fettsäuren zu definieren. Je nach Veresterung einer, zweier oder aller drei OH-Gruppen des Alkohols entstehen die Mono-, Di- und Triglyceride.



Triglycerid

Tabelle I

Einteilung der Lipide

Hauptgruppen	Untergruppen
1. Fettsäuren	gesättigte Fettsäuren ungesättigte Fettsäuren mehrfach ungesättigte Fettsäuren Prostaglandine
2. Glyceride (Neutralfette)	Triglyceride Diglyceride Monoglyceride
3. Ester von Fettsäuren mit hochmolekularen Alkoholen	Wachse
4. Phospholipide (P enthaltende Lipo- ide)	
a).Phosphoglyceride	Lezithin (Cholin) Kaphalin (Serin, Kolamin) Azetalphosphatide (Cholin, Kolamin)
b).Phosphosphingo- side	Sphingomyeline
5. Glykolipide (zuckerenthaltende Lipoide)	Zerebroside Ganglioside Sulfatide
6. Steroide	Zoosterin (Cholesterin)
a).Sterine und Sterin- ester Vitamin D	Phytosterin (Sitosterin) Mykosterin (Ergosterin) Kalciferole
b).Gallensäuren	frei und konjugiert,Scymol
c). Herzglykoside	Digitalis,Strophantus, Scilla,Convallaria
d). C ₂₁ -Hormone	Corpus luteum-Hormon Neben- nieren-Rinden-Hormone
e). C ₁₉ -Hormone	Androgene, Oestrogene, 17-Ketosteroide
7. Isoprenoide (Polyprene)	
a). Terpene und Kampfer	
b). Geraniol, Farnesol	

Hauptgruppen

Untergruppen

- | | |
|-----------------------------|--|
| c. Vitamin A | |
| d. Phytol | |
| e. Squalen | |
| f. Carotinoide | Provitamin A, Farbstoffe mit 4-8 Isoprenresten |
| g. kondensierte Isoprenoide | Tokopherole (Vitamin E)
Phyllochinone (Vitamin K)
Ubichinone (Koenzym Q) |

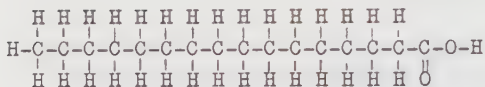
Alle natürlich vorkommenden Fette enthalten im Molekül etwa 90% mit Glycerin veresterte Fettsäuren verschiedener Kohlenstoffkettenlänge (LUDWIG 1968). Freie Fettsäuren kommen in Geweben und Organen nur in geringem Umfang vor. EGGSTEIN (1961) u.a. geben Blutwerte von 3 bis 5% an.

Die Tri- und Diglyceride müssen aber nicht jeweils die gleichen Fettsäuren enthalten, also einfache Glyceride darstellen, sondern können aus zwei oder drei verschiedenen Fettsäuren zusammengesetzt sein (gemischte Triglyceride).

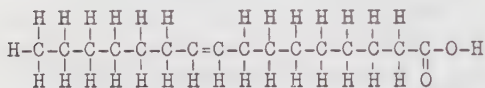
Die Fettsäuren und ihre unterschiedliche Reihenfolge in der Bindung am Glycerin formen die verschiedenen Fette. Sie sind gekennzeichnet durch ihre Kettenlänge (Anzahl der C-Atome), durch den Grad ihrer Sättigung (Anzahl der Doppelbindungen) und durch ihre strukturelle Konfiguration (cis-trans-Isomerie). Die in der Natur vorkommenden Fettsäuren haben fast ausschließlich eine gerade C-Atom-Zahl zwischen 4 und 24. Bei gleicher Anzahl von C-Atomen bestehen verschiedene Möglichkeiten:

1. gesättigte Fettsäure
2. ungesättigte Fettsäure
 - a). einfach ungesättigte Fettsäure
 - b). mehrfach ungesättigte Fettsäure

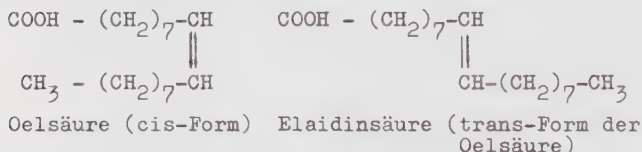
2. c). ungesättigte Fettsäure in Cis-oder trans-Isomerie.



Palmitinsäure (n-Hexadekansäure)



Palmitoleinsäure (Δ -9-Hexadecensäure)



Eine Sonderstellung unter den Fettsäuren nehmen die sogenannten essentiellen Fettsäuren ein. Es handelt sich hierbei um mehrfach ungesättigte Fettsäuren, die vom Säugetierorganismus nicht synthetisiert werden können und auf jeden Fall mit der Nahrung zugeführt werden müssen. Ihr Fehlen ruft bei Säugern Mangelerkrankungen hervor. Bei Ratten verlangsamt sich das Wachstum, ihre Haut wird schuppig, am Schwanz zeigen sich ringförmige Einkerbungen und Nekrosen (Schachtelhalmschwanz). Schwere Nierenschädigungen führen schließlich zum Tode. Beim Weibchen tritt eine Störung des Genitalzyklus auf (SCHEUNERT-TRAUTMANN 1965).

Die Konsistenz eines Fettes wird durch seinen Gehalt an ungesättigten Fettsäuren und durch die Fettsäurekettenlänge bestimmt. Je mehr ungesättigte Fettsäuren und kurzkettigere Fettsäuren ein Fett enthält, desto

flüssiger ist es bei Zimmertemperatur; umgekehrt ist ein Fett härter, wenn es mehr langkettige und gesättigte Fettsäuren enthält.

Tabelle II

Die wichtigsten Fettsäuren

a). gesättigte Fettsäuren

Buttersäure	n-Butansäure	$C_4H_8O_2$
Kaprinsäure	n-Hexansäure	$C_6H_{12}O_2$
Kaprylsäure	n-Oktansäure	$C_8H_{16}O_2$
Kaprinsäure	n-Dekansäure	$C_{10}H_{20}O_2$
Laurinsäure	n-Dodekansäure	$C_{12}H_{24}O_2$
Palmitinsäure	n-Hexadekansäure	$C_{16}H_{32}O_2$
Stearinsäure	n-Oktadekansäure	$C_{18}H_{36}O_2$
Arachinsäure	Eikosansäure	$C_{20}H_{40}O_2$

b). einfach ungesättigte Fettsäuren

Palmitoleinsäure	Δ -9-n-Hexadecensäure	$C_{16}H_{30}O_2$
Oelsäure	cis- Δ -9-n-Oktadecensäure	$C_{18}H_{34}O_2$
Elaidinsäure	trans- Δ -9-n-Oktadecensäure	$C_{18}H_{34}O_2$

c). mehrfach ungesättigte Fettsäuren (hier essentielle Fettsäuren)

Linolsäure	Δ -9,12-n-Oktadecadiensäure	$C_{18}H_{32}O_2$
Linolensäure	Δ -0,12,15-n-Oktadekatriensäure	$C_{18}H_{30}O_2$
Arachidonsäure	Δ -5,8,11,14-n-Eikosatetraensäure	$C_{20}H_{32}O_2$

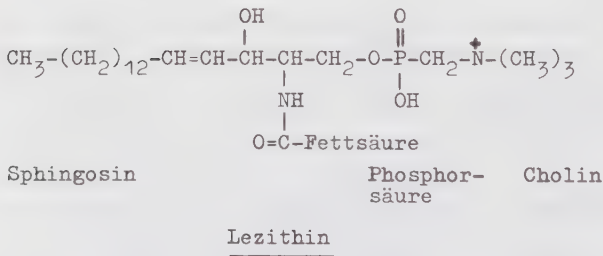
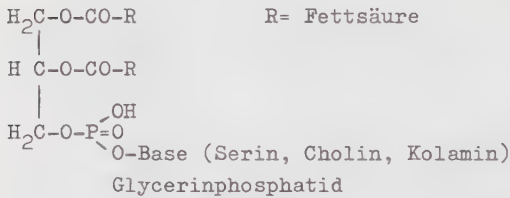
Phospholipide

Die Gruppe der Lipide, zu denen die Phospholipide zählen, ist durch ihr physikalisch fettähnliches Verhalten gekennzeichnet (Löslichkeit in organischen Lösungsmitteln) und zeigt auch in ihrem Aufbau und in ihrer physiologischen Wirkungsweise große Ähnlichkeit mit den eigentlichen Lipiden (SCHEUNERT-TRAUTMANN 1965).

Am Glycerin sind zwei OH-Gruppen wie bei den Glyceriden mit Fettsäuren verestert. Die dritte OH-Gruppe ist jedoch statt mit einer Fettsäure mit einem Molekül Orthophosphorsäure und dieses wiederum mit einer N-haltigen Base verestert.

Je nach der angelagerten Base entstehen dann:

<u>Base</u>	<u>Phospholipoid</u>
Cholin	Lezithin
Serin, Kolamin	Kephalin
Cholin, Kolamin	Azetalphosphatide



Glykolipoid

Die Glykolipide stehen den Phospholipiden sehr nahe, enthalten jedoch anstelle der Phosphorsäure einen Zuckeranteil. So enthalten die Cerebroside, Ganglioside und Sulfatide eine langkettige Fettsäure, Galaktose oder Glukose und Sphingosin. Die Ganglioside enthalten zudem noch Neuraminsäure, die Sulfatide Schwefel.

Steroide

In der großen Gruppe der Steroide haben die Sterine

besondere Bedeutung. Sie kommen im Tier-und Pflanzenreich vor und werden als Zoo-und Phytosterine bezeichnet. Ein sehr wichtiger Vertreter ist das Cholesterin ($C_{27}H_{45}OH$) (SCHEUNERT-TRAUTMANN 1965). Es handelt sich um einen ungesättigten, einwertigen, hydroaromatischen Alkohol, der den Steranring mit einer Seitenkette enthält. Die Alkoholgruppe kann mit höheren Fettsäuren, ungesättigte Fettsäuren werden hierbei bevorzugt, Ester bilden (FISCHBACH 1954). Das Vitamin D, das im tierischen Körper eine besondere Rolle spielt, leitet sich über seine Provitamine ebenfalls vom Sterangerüst ab.

Die Gallensäuren besitzen eine gegenüber dem Cholesterin um 3 C-Atome verkürzte Seitenkette. Sie spielen bei der Fettverdauung und- resorption im Darmkanal eine wichtige Rolle.

Es würde zu weit führen, die Chemie aller Steroide aufzuzeigen. Erwähnt seien noch die Nebennierenrindenhormone, die Androgene und Oestrogene, da sie im Lipidstoffwechsel neben anderen Stoffen wichtige Steuerungsfunktionen haben.

2. Bedeutung und Vorkommen der Lipide im Organismus unter besonderer Berücksichtigung der veresterten Fettsäuren.

Das Fett, das neben Kohlenhydraten und Eiweiß zu den Hauptnährstoffen gehört, hat ebenso wie diese eine Reihe von Aufgaben zu erfüllen. Es dient als Energiespender, als Baustein zum Aufbau und zur Erneuerung der artspezifischen Zusammensetzung der Zellen von Geweben und Organen und als unmittelbarer Teilnehmer am Zwischenzellstoffwechsel (LUDWIG 1968).

In erster Linie ist Fett als Energielieferant anzusehen. Fette haben gegenüber Kohlenhydraten und Eiweißen etwa den doppelten Brennwert; das heißt: die Oxydation der H-Atome eines Grammes Fett liefert

9,3 kcal, während ein Gramm Kohlehydrat oder Eiweiß nur 4,1 bzw. 5,3 kcal. liefern (SCHEUNERT-TRAUTMANN 1965). Das eigentliche Brennmaterial innerhalb der Neutralfette sind die freien Fettsäuren, da es nur ihnen möglich ist, die Lipoidmembranen der Zellen zu durchdringen (LUDWIG 1968). Die Gewährleistung einer dauernden Energieversorgung setzt das Vorhandensein von Energieträgern voraus. Fett kann dieser Aufgabe sehr gut gerecht werden; denn mit 90% H- und C-Atomen stellen die Fettsäuren einen wesentlich größeren Energievorrat dar als z.B. Kohlehydrate mit nur 46% H- und C-Atomen (POLE 1964). Der Organismus speichert daher seine Energiereserve in Form von Depotfett an verschiedenen Körperstellen. Neben seiner Aufgabe als Energiepool erfüllt das Fett eine Reihe weiterer Funktionen. Seine Zusammensetzung ist der jeweiligen Lage und Funktion angepasst.

Das Unterhautfett hat neben seiner Aufgabe als Energiespeicher die Wärmeisolierung, die Verschieblichkeit der Haut und eine Stoßbrechung gegenüber äusseren Einflüssen zu gewährleisten. Aus diesem Grunde ist es von geringerer Härte.

Das Nierenfett (Flomen), dem eine mechanische Schutz- und Stützfunktion für die Nieren zukommt, ist dagegen konsistenter.

Das Orbitalfettpolster hat, wie der Name schon sagt, eine Polster- und Schutzfunktion.

Es gibt aber auch Fettdepots, denen nur Speicherfunktionen zukommen oder deren weitere Funktionen noch nicht bekannt sind (Mesenterium, Omentum, Knochenmark, intermuskuläres Fett z.B. in der Zunge, u.a.).

Von dem reinen Depotfett ist das sogenannte Baufett zu unterscheiden, das bei der Formung von Körperkonturen, der Hautoberfläche, der Sohlenballen und der Gelenke eine wichtige Rolle spielt (SCHEUNERT-TRAUTMANN 1965). Eine exakte Trennung wird sich jedoch nicht vollziehen lassen, da sich beide Begriffe stark

überschneiden.

Eine bessere Trennung läßt sich zwischen Depot- und Organ- oder Zellfett ziehen. Die Zusammensetzung des letzteren ist nicht von der Ernährungslage abhängig, sondern ist streng art- und organspezifisch. Es besteht größtenteils aus Lipoiden und hat unmittelbare Bedeutung für den spezifischen Aufbau und die Funktion der Zellen und Organe (SCHEUNERT-TRAUTMANN 1965). SCHENK und KOLB (1961) geben den Aufbau der Hirnsubstanz an, deren Fett konstant zusammengesetzt ist aus:

30% Cholesterin
46% Phosphatiden
24% Cerebrosiden

Eine weitere Funktion des Fettes ist seine Mittlerrolle zwischen dem Organismus und anderen Stoffen. Hierher gehört die Resorptions- und Transportfunktion gegenüber den fettlöslichen Vitaminen A,D,E, und K. Wird mit dem Futter zu wenig Fett aufgenommen, so ist die Resorption und der Transport der fettlöslichen Vitamine behindert oder eingeschränkt (LUDWIG 1968).

Auf die essentiellen Fettsäuren Linolsäure, Linolensäure und Arachidonsäure wurde im vorigen Kapitel eingegangen. Mit Ausnahme der Wiederkäuer (Pansenflora) können diese Fettsäuren vom tierischen Organismus nicht synthetisiert werden. Es wurde jedoch mit C₁₄ markierten Fettsäuren festgestellt, daß es möglich ist, aus Linolsäure Arachidonsäure zu produzieren und daß gewisse Umbauvorgänge der Polyensäuren untereinander in der Leber ablaufen (KLENK 1955).

HOLMANN (1960) fand, daß nur die cis-, nicht aber die trans-Formen der essentiellen Fettsäuren wirksam seien.

Die eigentliche biologische Funktion der Polyenfettsäuren ist jedoch noch weitgehend ungeklärt (ZÖLLNER und EBERHAGEN 1965).

Ein Zusammenhang zwischen den Auswirkungen am Geni-

talapparat und dem in den 30er Jahren von GOLDBLATT und EULER entdeckten Prostaglandinen wäre denkbar. Zum einen deutet die Wirkung der beiden Stoffe daraufhin, zum anderen wurde festgestellt, daß essentielle Fettsäuren Bausteine der Prostaglandine darstellen (DORF 1967).

Da sich die vorliegende Arbeit speziell mit den veresterten Fettsäuren beschäftigt, soll im folgenden auf das Vorkommen der veresterten Fettsäuren und auf ihre Bedeutung eingegangen werden.

Grundsätzlich sind alle jene Fette als Ester zu verstehen, bei denen die Komponente Alkohol (Glycerin, Sphingosin, Cholesterin) mit den verschiedenen Fettsäuren verestert ist. Durch die Reaktion beider Komponenten entstehen dann: Glyceride (Neutralfette), Wachse, Phospholipide (Lecithin, Cephalin, Sphingomyeline), Glykolipide (Zerebroside, Ganglioside, Sulfatide) und Ester-Cholesterin.

Die Glyceride, die in verschiedenen Formen je nach Anzahl der Esterbindungen und der Fettsäuren vorliegen, stellen den Hauptteil der veresterten Fettsäuren. Sie kommen in der Natur in allen fetthaltigen Substanzen vor. Ihre Rolle bei der Ernährung, der Energieversorgung, der Energiespeicherung, als Bau-, Füll-, Polster- und Gleitsubstanz wurde bereits im vorigen Kapitel besprochen.

Die Wachse, Ester kohlenstoffreicher, einbasischer Säuren mit kohlenstoffreichen einwertigen Alkoholen, spielen eine untergeordnete Rolle (LEUTHARDT 1963).

Die Phospholipide, die in ihrem chemischen Aufbau den Neutralfetten nahe stehen, haben besonders im Bereich der Organfette bedeutende Funktion. Im Blut und in allen Organen kommen Phospholipide in wechselnden Mengen vor (LUDWIG 1968). Sie bilden dabei einen wichtigen Bestandteil des Protoplasmas und haben struktur- und membranbildende Funktion (SCHEUNERT-TRAUTMANN 1965). Dabei ist es von grundlegender

Bedeutung, daß sie aus einer hydrophilen- und einer lipophilen Komponente zusammengesetzt sind. Sie können also zwischen öligen und wässrigen Phasen vermitteln. In öligem Milieu können sie also Wasser und wasserlösliche Substanzen, in wässrigem Milieu Fette emulgieren (LUDWIG 1968). Aus diesem Grunde spielen sie zusammen mit Cholesterin bei der Membranbildung von Zellen und Zellorganellen und bei der Diffusion von Stoffen durch Biomembranen eine bedeutende Rolle (GREEN und FLEISCHER 1964).

Aus diesen Gründen kommen die Phospholipide besonders reichlich in stoffwechselaktiven Geweben: Gehirn, dauerbeanspruchter Muskulatur, Niere und Leber vor.

Weitere spezifische Aufgaben erfüllen Phospholipide in den Markscheiden der Nerven (Sphingomyeline) und im zentralen und peripheren Nervensystem (LUDWIG 1968). Nach SCHEUNERT-TRAUTMANN (1965) sind die Phosphatide weiterhin für den Fett-Transport von der Leber in die Peripherie verantwortlich. Diese Annahme wird dadurch unterstützt, daß beim Fehlen von Cholin oder anderen Stoffen, die die Phospholipidsynthese fördern (Methionin, Vitamin B₁₂ u.a.) bzw. essentielle Stoffe für diese Synthese sind, der Fett-Transport unterbleibt und sich eine unphysiologische Fettleber ausbildet.

Die Synthese der Phospholipide findet in erster Linie in den Mitochondrien statt (LUDWIG 1968).

Nach FISCHBACH (1954) ist das wichtigste Zoosterin das Cholesterin. Es kommt in allen tierischen Zellen und Körperflüssigkeiten, besonders im Nervengewebe und in der Galle vor. Gallensteine enthalten zum größten Teil Cholesterin.

Die freie Alkoholgruppe des Cholesterins kann mit höheren Fettsäuren die Cholesterinester bilden. Im Körper liegt Cholesterin teils in freier-, teils in veresterter Form vor. In der Zelle gibt es nur verestertes Cholesterin (FISCHBACH 1954).

Das Cholesterin stammt aus zwei Quellen:

1. zum geringeren Teil aus der Nahrung,
2. aus der endogenen Synthese.

Das Cholesterin dient als wichtiger Bestandteil von Biomembranen, zur Synthese anderer Steroide (Hormone, Gallensäuren u.a.) und dem Transport der essentiellen Fettsäuren im Blut (LUDWIG 1968).

Auf die Transportformen der Fette, insbesondere der veresterten Fettsäuren im Blut, wird im Kapitel Fettstoffwechsel eingegangen werden.

3. Fettstoffwechsel

Im Futter des Schweines befinden sich an Fetten in der überwiegenden Menge Triglyceride. Die ebenfalls vorhandenen Phospholipoide, Glykolipoide und Steroide sind mengenmäßig unbedeutend. Ihr Ursprung sind die Zellmembranen und Zellorganellen des zugeführten Futters.

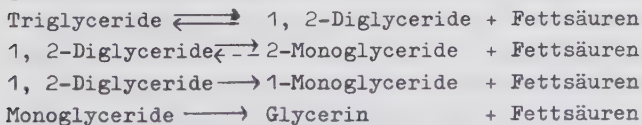
Eine Lipase des Magens, die von manchen Autoren angenommen wird, existiert nach HALLMANN (1960) nur bei Kindern. Sie stellt eine Esterase dar und greift an emulgierten Fetten an. Eine der Hauptaufgaben des Magens bei der Fettverdauung scheint darin zu bestehen, Neutralfette und Phospholipoide aus ihren Proteidverbindungen zu lösen und die freigesetzten Neutralfette zu emulgieren. Die aufgenommenen Phospholipoide spielen beim Emulgierungsvorgang eine Rolle (SENIOR 1964). Der Transport des Speisebreies ins Duodenum wird über einen feed-back-Mechanismus über den Pylorus gesteuert. Dabei hängt die Menge des Speisebreies von der darin enthaltenen Fettmenge weitgehend ab. Wenn sich in den oberen Darmabschnitten zuviel Fett befindet, tritt der feed-back-Mechanismus ein und bremst die Magensäureproduktion (SENIOR 1964). Der magensaure Speisebrei wird durch die alkalische Pankreaslipase auf einen ph-Wert von ca. 6,5 gebracht.

Die gleichzeitig aus der Galle einströmenden Gallensäuren und das in der Leber synthetisierte Cholesterin sind für die weitere Emulgierung der Triglyceride und ihre Hydrolyse notwendig (LUDWIG 1968). Durch zusätzliche Sezernierung von Darmsäften ins Darmlumen im weiteren Verlauf des Dünndarms wird eine Alkalisierung des Inhaltes bewirkt, bis schließlich mit einem ph-Wert von 8 das Optimum für die Pankreaslipase-Aktivität erreicht ist. Unter dem Einfluß dieses Enzyms läuft dann der Abbau der Fette ab.

Während SCHENK (1955) noch annimmt, daß die Fette vollständig in Glycerin und Fettsäuren gespalten werden, sagt LANG (1957), daß ein Gemisch von Tri-, Di- und Monoglyceriden (unter denen die 1, 2- Diglyceride vorherrschen), von freien Fettsäuren und Glycerin entsteht. Die Monoglyceride als stark oberflächenaktive Substanzen spielen dann wiederum eine Rolle bei der weiteren Emulgierung. Außerdem finden schon im Darmlumen in erheblichem Umfang Umesterungen statt (LANG 1957).

Zu gleichen Ergebnissen kommt FAVARGER (1957) bei Untersuchungen an Ratten mit markiertem Glycerin und markierten Fettsäuren. Wird freies markiertes Glycerin verfüttert, so findet es sich nicht in der Lymphe wieder; es wird also nicht weiter utilized. Verfüttert man jedoch Fette mit markiertem Glycerin und markierten Fettsäuren, so findet man einen ziemlich großen Anteil des Glycerins in der Lymphe wieder. Nicht hydrolysierte Tri- und Diglyceride sind also imstande, die Darmwand zu durchdringen.

Nach LUDWIG (1968) bewirkt die Pankreaslipase folgende Reaktionsschritte:



Der Hydrolysenvorgang wird vom pH-Wert und von der Konzentration der Gallensäuren beeinflusst. Für die Resorption durch die Darmepithelien stehen zwei Formen zur Verfügung:

1. Choleinsäuren (wasserlösliche Fettsäuren-Gallensäuren-Verbindungen) und im Wasser gelöste Mizellen aus Monoglyceriden, Fettsäuren und konjugierten Gallensalzen
2. feinstemulgierte Tri- und Diglyceride in öliger Phase (LUDWIG 1968).

Nach HOGBEN (1966) sind die größten Fettpartikel, die resorbiert werden können, die Chylomikronen (Triglyceride mit kleinem Proteinanteil) mit einem Durchmesser von ca. $0,5 \mu$. Es folgen die Mikrochylonen (Mizellen aus Gallensalzen, Mono- und Diglyceriden) mit einem Durchmesser von ca. $0,05 \mu$, die Mizellarfraktion (eine gesättigte Lösung von freien Fettsäuren und Monoglyceriden in Gallensalzen) mit einem Durchmesser von ca. $0,005 \mu$ und Kleinstmoleküle der freien Fettsäuren und das leicht resorbierbare Glycerin.

Die Resorption geschieht wahrscheinlich auf zwei Arten. Die größeren Partikel gelangen durch Einstülpung der Zellmembran ins Zellinnere, eine Art Mikrophagozytose. Die kleineren Teilchen etwa bis zu einem Durchmesser von $0,01 \mu$ erreichen das Zellinnere durch Diffusion durch die Lipoproteidmembranen der Mukosazellen.

Die beiden Hilfsstoffe Gallensäuren und Cholesterin, deren Funktion der Transport der wasserunlöslichen Fraktionen ins Zellinnere ist, werden nach dem Resorptionsvorgang in der Mukosazelle frei und stehen nach Durchlaufen des enterohepatischen Kreislaufs erneut zur Verfügung.

Nach LANG (1957) ist die Bedeutung der Gallensäuren für die Fettresorption geringer als bisher immer angenommen wurde, da auch bei fehlender Gallensekretion im

Rattenversuch über längere Zeit Fett in beträchtlichem Umfang resorbiert wurde. Auch das Fehlen der Pankreaslipase führt nur zu einer geringer Beeinträchtigung der Fettresorption.

Die Phospholipide der Nahrung, die nach ihrer Freisetzung im Magen eine Bedeutung für die Emulgierungsvorgänge haben, werden im Duodenum und im oberen Jejunum von einer Phospholipase aus dem Pankreas aufgespalten und mit den Bestandteilen der Triglyceride resorbiert. Wie Untersuchungen von SINCLAIR (zit. nach LUDWIG) ergaben, können Phospholipide auch unhydrolysiert resorbiert werden.

Nahrungscholesterine passieren den Darm in freier und veresterter Form. Ein Teil wird durch Darmbakterien hydriert und als Koprosterin mit dem Kot ausgeschieden. Sie können aber auch wie die Phospholipide resorbiert werden und dabei regulierend und unterstützend in die Resorptionsvorgänge der Triglyceride eingreifen (LUDWIG 1968).

Nach HALLMANN (1960) werden die Lipide nach fermentativer Aufspaltung in Fettsäuren, Glycerin, Cholin und Phosphorsäure bzw. nach Veresterung (Cholesterin) zum geringen Teil resorbiert, zumeist aber mit dem Kot ausgeschieden.

Der Ort der Resorption befindet sich beim Menschen in den ersten 100 cm des Jejunum. Nach FAVARGER (1957) werden die gutverdaulichen Fette im proximalen Teil des Dünndarms resorbiert, die schlecht verdaulichen Fette, z.B. das Stearin, jedoch in den distalen Teilen.

Die vorstehenden Literaturangaben beziehen sich alle mehr oder weniger auf die Fettresorption beim Menschen. FREEMAN et al. (1966) machten Fettverdaunungsversuche beim Schwein und kamen zu dem Ergebnis, daß der Verdauungsmechanismus beim Menschen und beim Schwein fast der gleiche ist. Also können obige Angaben auf das Schwein übertragen werden.

Trotz modernster Untersuchungsmethoden (Elektronenmikroskopie, radioaktiver Markierung, in vitro-Ver suchen mit isolierten Darmschlingen, Darmbiopsien u.a.) kann das Resorptionsproblem der Fette bzw. ihrer Bestandteile auch heute noch nicht als vollständig geklärt angesehen werden (LUDWIG 1968). Als wissenschaftlich gesichert gilt die Resorption derjenigen Fettabbaustufen, die sich in der wässrigen Phase befinden. Sie können ohne Schwierigkeiten durch Lipoproteidmembranen diffundieren (Glycerin, Choleinsäuren und Mizellarfraktionen unter $9005/\mu$ Teilchengröße) (SENIOR 1964). Diskutiert wird noch die Frage der Resorption der größeren (größer als $0,05/\mu$) Fett partikel in öliger Phase. Dabei bestehen nach LUDWIG (1968) drei Theorien.

Die Anhänger der Pinozytostheorie nehmen an, daß die Teilchen in die Membran eindringen, sich mit Lipoproteidschichten umgeben und von der Zelle eingestülpt werden.

Eine zweite Theorie besagt, daß sich in den Mikrovilli Löcher befinden, durch die die Chylomikronen direkt in die Zelle einwandern können.

In einer dritten Theorie wird behauptet, daß die Mizellarfraktion infolge der Kleinheit der Teilchen direkt in die Zelle diffundiert. Dadurch werde das Gleichgewicht der Abbaustufen im Darmlumen gestört, und es werden mehr Glyceride von der öligen in die wässrige Phase überführt. Diese werden dann direkt, dem Konzentrationsgefälle folgend, in die Mukosazelle transportiert.

Die Resynthese der Triglyceride in den Zellen der Darmschleimhaut ist nicht einfach die Umkehrung der Lipolyse im Darmlumen, sondern ein viel komplexerer Vorgang, der wahrscheinlich unter Mitwirkung von noch ungenügend bekannten gekoppelten Reaktionen abläuft und an die intakte Organisation der Epithel-

tels eines Enzyms wird an dieser Stelle die phosphorierte Base in Cytidinverbindung (Cholin, Serin oder Kolamin) angelagert. Es entstehen auf diese Weise Lecithin oder Kephalin.

Die Sphingophospholipide entstehen bei vorherigem Einbau von Sphingosin.

Es wurde festgestellt, daß Phospholipide als Fettsäuren meist Linolsäure tragen. Nach KENNEDY (zit. nach EGGSTEIN 1961) ist die Ursache dafür in der verschieden schnellen Reaktion der Diglyceride mit den Basen-Cytidin-Di-Phosphorkomplexen zu suchen. Daneben besteht jedoch auch die Möglichkeit, daß Phospholipide ungespalten resorbiert und im Blut bzw. in der Lymphe weiter transportiert werden.

Das Cholesterin, das bei der Resorption als Überträgersubstanz fungiert, wird in der Zelle wieder frei, und nach Passieren des enterohepatischen Kreislaufs wird es weiter verwendet.

Aus der Mukosazelle gelangen die einzelnen Fettmoleküle in verschiedenen Formen und auf zwei verschiedenen Wegen, dem Pfortaderkreislauf und dem Lymphweg, (Ductus thoracicus) in den Blutkreislauf. Die Angaben über die prozentuale Beteiligung beider Wege am Abtransport schwanken. So gibt LEUTHARDT (1963) ein Verhältnis von 40:60 an. BÜRGER (1958 zit. nach WEIBBACH) nennt die Zahlen $1/3:2/3$. SCHRADER und BIEGLER (1955) erhalten nach Versuchen mit markiertem Fett an Ratten Verhältniswerte von 30:70 bis 8:92. Der höchste Wert findet sich bei LUDWIG (1968) mit 5:95. Eine genaue und endgültige Verhältniszahl dürfte sich aber nur schwerlich finden lassen, da sich die Fettfraktionen beim Übertreten aus der Zelle ins Blut bzw. in die Lymphe mit der dort ständig zirkulierenden Fettmenge vermischen. Außerdem spielen äussere Bedingungen, z.B. die Ruhe nach der Fütterung, eine bedeutende Rolle bei der Geschwindigkeit der ablaufenden Prozesse (LUDWIG 1968).

Die resorbierten und resynthetisierten Fette werden in verschiedenen Formen vom Blut bzw. von der Lymphe abtransportiert. Von Bedeutung sind hierbei als Transportformen die Chylomikronen, die Albuminfraktion und die α_1 -, α_2 - und die β -Globuline.

Während Chylomikronen und Albuminfettfraktion die Transportform direkt nach der Resorption darstellen, treten die Globulinfraktionen erst nach der sogenannten lipämischen Klärung auf (EGGSTEN 1961). Die Chylomikronen sind ca. 1μ große Fettpartikel, die zum größten Teil an Protein gekoppelte Triglyceride, aber auch Phospholipide und Cholesterin enthalten. Der Ort ihrer Bildung ist noch umstritten. Sie werden nach LUDWIG (1968) wenigstens zum Teil schon in der Mukosazelle gebildet.

Die freien Fettsäuren, die besser als unveresterte Fettsäuren bezeichnet werden, da freie, ungebundene Fettsäuren toxisch wirken (EGGSTEN 1961), werden an Albumine gekoppelt transportiert. Dabei kann ein Albuminmolekül bis zu drei langkettige Fettsäuren binden.

Die Chylomikronen haben als größte Fettpartikel den höchsten Triglyceridanteil. Dieser nimmt zusammen mit dem Molekulargewicht über β -Lipoproteide, α_2 -, und α_1 -Lipoproteide ab, während Proteinmenge und optische Dichte im gleichen Maße zunehmen (LUDWIG 1968).

Nach SCHÖNBECK (1970) stellen die Lipoproteide kolloidal lösliche Komplexe dar, die aus Plasmaproteinen und Serumlipiden (Triglyceride, freie Fettsäuren, Phospholipide, Cholesterin) gebildet werden. Je nach Eiweißanteil und elektrophoretischer Wanderungsgeschwindigkeit teilt er sie ein in: α_1 -, Prä- β - und β -Lipoproteide, sowie Chylomikronen. Auch er stellt fest, daß Eiweißgehalt und optische Dichte von den α -Lipoproteiden zu den Chylomikronen abnehmen, während der Gehalt an Lipiden gleichzeitig ansteigt.

Phospholipide werden hauptsächlich mit den α - und β -Lipoproteiden, Cholesterin mit den β -Lipoproteiden und Triglyceride mit den Prä- β -Lipoproteiden und Chylomikronen transportiert (SCHÖNBECK 1970).

Je nach Fütterung, besonders nach stark fetthaltiger Fütterung, kommt es durch Anhäufung von Chylomikronen im Blut zur postprandialen lipämischen Trübung des Serums. Sie wird durch den starken Schub großer Fettpartikel ins Blut nach der Resorption verursacht. Da sich die Fettpartikel im wässrigen Milieu nicht lösen können, kommt es zu der milchig-weißen Trübung. Der Mechanismus der Klärung dieser Trübung wird verschieden erklärt.

LANG (1957) macht für die Klärung einen Klärungsfaktor, das Heparin, verantwortlich.

SCHÖN und ZELLER (1962) sagen, daß eine durch Heparin aktivierbare Lipoproteidlipase als wesentliches Regulans für den Abtransport des resorbierten Nahrungsfettes aus dem Blut angesehen werden kann. Dabei sollen die Blut-Triglyceride in freie Fettsäuren, Partialglyceride und Glycerin zerlegt werden.

Nach LEUTHARDT (1963) ist es vor allem die Leber, die das überschüssige Fett aus dem Blut entfernt.

ROBINSON (1964) stellte mittels Radioaktivitätsmessungen fest, daß ca. 30% der Chylomikronen in die Leber transportiert werden. Weitere 30% werden direkt ans Fettgewebe abgegeben, und der Rest wird Muskeln und Organen zugeführt. Die Chylomikronen werden durch einen Lipämie-Klärungsfaktor zerschlagen und durch die Lipoproteidlipase gespalten. Weil dabei keine chemischen Veränderungen der Fette stattfinden, muß es sich um einen rein physikalischen Zerschlagungsprozess handeln. All diese Vorgänge müssen sich größtenteils in der Blutbahn abspielen.

EGGSTEN (1961) ist dagegen der Meinung, daß die Chylomikronen in toto in der Leber und im Fettgewebe absorbiert werden und erst danach durch die Lipoproteid-

lipase gespalten und umgeestert werden.

SCHRADE und BIEGLER (1955) und SCHRADE (1956) fanden, daß die Lunge eine große Rolle in der Lipämieklärung spielt. Das Fett soll nach dem Abtransport durch den Ductus thoracicus in der Lunge gespeichert und erst nach und nach langsam wieder abgegeben werden. Eine Fettzunahme im Lungengewebe um 100% wurde nachgewiesen. Auch wurde eine erhöhte Gewebsphosphatidbildung in der Lunge beobachtet. Das Blut des rechten Herzens enthielt bei Untersuchungen 10 bis 20% mehr Fett als das den linken Herzens.

Die Rolle der Leber ist bei der lipämischen Klärung nach neueren Erkenntnissen unumstritten (LUDWIG 1968, SCHÖNBECK 1970). Die Chylomikronen treten in der Leber ungehindert aus den Kapillaren in die Sinus über, werden mittels der Lipoproteidlipase aufgespalten, umgeestert und können die Leber in Form von α - oder β -Lipoproteiden wieder verlassen. Die Lipoproteide stellen neben den Albuminen für unveresterte Fettsäuren die Haupttransportform für Fette dar, sei es auf dem Weg vom Darm zur Leber über Pfortaderkreislauf und Ductus thoracicus oder von der Leber zum Verbrennungs- bzw. Speicherort.

Die Leber nimmt im Fettstoffwechsel eine zentrale Stellung ein. In ihr erfolgt nicht nur die Spaltung der Chylomikronen und die Umesterung, sondern gleichzeitig auch die Synthese neuer Fette aus den Abbauprodukten der zugeführten Fette und aus Kohlehydraten, der Aufbau von Triglyceriden, Phospholipoiden und Cholesterin, wobei die beiden letzteren als artspezifisches Organfett nach einem immer gleichbleibenden Muster produziert werden müssen. Daneben können in den Leberzellen Fettsäuren zum Zwecke der Energiegewinnung verbrannt werden (SCHENK und KOLB 1961).

Das Fettgewebe hat ebenso wie die Leber, wenn auch in geringerem Maße, die Fähigkeit, aus Plasmafettsäuren und Glycerin Triglyceride aufzubauen, aus Glu-

kose Fettsäuren und Glycerin zu synthetisieren und bei Bedarf aus Triglyceriden Fettsäuren abzuspalten und an die verbrauchenden Organe abzugeben LUDWIG 1968).

Intermediärstoffwechsel

Die Nahrungsfette werden im Intermediärstoffwechsel in Form von Alkohol und Glycerin verwertet und dienen dabei, abgesehen von Phospholipoiden und Steroiden, hauptsächlich zur Energiegewinnung.

Die Triglyceride, die hierbei die größte Bedeutung haben, werden in Glycerin und freie Fettsäuren gespalten. Beide Fettbruchstücke sind energiereich und liefern dem Organismus, je nach Fütterung, einen großen Teil der benötigten Energie für Stoffwechselvorgänge. Neben der Energiegewinnung bei der Verbrennung werden Fettsäuren durch Abbau, Kettenverlängerung und Umbau in andere Fettsäuren umgewandelt oder sogar aus Bestandteilen von Eiweißen und Kohlehydraten hergestellt. Es besteht eine enge Verknüpfung zwischen Fett-, Kohlehydrat- und Eiweißstoffwechsel (LUDWIG 1968). Besondere Bedeutung für den Umbau in andere oder gleichartige Lipide haben die Phospholipide und die Steroide.

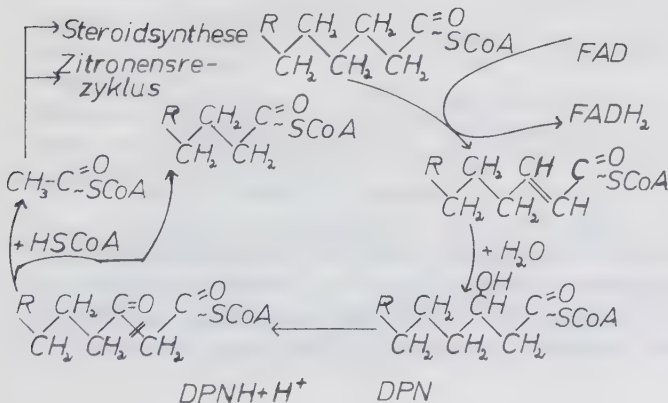
Das Glycerin geht über Glycerinphosphat, Dioxyacetonphosphat und Fructose- 1, 6-diphosphat in den Kohlehydratstoffwechsel über und wird dort unter Energiegewinnung im Zitronensäurezyklus zu Wasser und CO_2 verbrannt (WEIBACH 1965). Die Leber kann, dank ihrer Enzymsysteme, das Glycerin direkt in α -Glycerophosphat überführen und dieses für die Triglyceridsynthese oder die Glukoneogenese verwenden. In der Fettzelle ist die Aktivierung des Glycerins nicht möglich (LUDWIG 1968).

Die Fettsäuren werden nach dem Prinzip der β -Oxydation abgebaut. Dieser Vorgang geschieht im Fettsäurezyklus, wobei in einem Durchlauf jeweils zwei C-Atome

me abgetrennt werden (LYNEN 1967). Zur Einleitung des Fettsäureabbaues wird die Fettsäure durch Koenzym A aktiviert. Dabei wird ein Mol ATP verbraucht und in AMP und Pyrophosphat aufgespalten.

SCHEUNERT-TRAUTMANN (1965) schildern den Abbau am Beispiel der Buttersäure. Durch die Aktivierung entsteht das Butyryl-CoA. Das Enzym Acyl-Dehydrogenase (das Koenzym ist FAD) dehydriert das Butyryl CoA zum Crotonyl-CoA. Unter Einwirkung von Crotonase wird ein Mol Wasser angelagert, und es entsteht β -Hydroxy-Butyryl-CoA, welches unter Abspaltung von Wasserstoff in Aceta-cetyl-CoA übergeht. Diese Reaktion wird durch das Enzym β -Hydroxy-acyl-dehydrogenase katalysiert. Ihr Koenzym ist das DPN. Das Aceta-cetyl CoA wird dann durch β -Ketothiolase unter Heranziehung eines weiteren Moleküls CoA in zwei Mole Acetyl CoA gespalten, die dann der weiteren Verwendung im Zitronensäurezyklus oder zur Resynthese (Ketogenese oder Steroidsynthese) zur Verfügung stehen (EGGSTEN 1961). Eine längere Fettsäurekette mit mehr als vier C-Atomen muß den Fettsäurezyklus also mehrmals durchlaufen um schließlich vollständig in Acetyl CoA zerlegt zu werden (SCHEUNERT-TRAUTMANN 1965).

Fettsäurezyklus nach LYNEN



Nach LUDWIG (1968) läßt sich dieser Abbauvorgang an jeder beliebigen Stelle unterbrechen, und die Fragmente können zur Synthese anderer Fettsäuren verwendet werden (Umbau der Fettsäuren).

Beim Aufbau der Fettsäuren ist die alte Auffassung, nämlich die Umkehrung des Fettsäurezyklus zwar möglich, aber doch unwahrscheinlich. Sie ist nach neueren Ergebnissen energetisch nicht so effektiv wie die von LYNEN (1958) vertretene Kondensationsreaktion zur β -Ketosäurebildung. Die über sieben Enzymkomplexe gesteuerte Fettsäuresynthese verläuft über das Malonyl CoA. Alle anderen Stufen bleiben gleich (LUDWIG 1968). Im ersten Schritt der Resynthese wird das Acetyl CoA zu Malonyl CoA carboxyliert. Dazu wird ATP und Biotin (zur Übertragung der Kohlendioxydgruppe) verbraucht. Die CH_2 -Gruppe des Malonyl CoA ist besonders reaktionsfähig und läßt sich daher leicht mit einem weiteren Acetyl-CoA kondensieren. Durch Decarboxylierung wird das CO_2 schließlich wieder entfernt. Alsweiterer Unterschied zur Umkehrung der β -Oxydation ist zu erwähnen, daß die Wasserstoffübertragung nicht vom DPN bzw. einem Flavinenzym, sondern in beiden Fällen von TPN bewerkstelligt wird (SCHEUNERT-TRAUTMANN 1965).

Steuerung des Lipidstoffwechsels

Nach LUDWIG (1968) muß bei der Steuerung des Lipidstoffwechsels zwischen Lipogenese (anabole Phase, Aufbau von Fetten) und Lipolyse (katabole Phase, Abbau von Fetten) unterschieden werden. Bei der Lipogenese wird die Steuerung durch Insulin vorgenommen. Insulin steigert die Resynthese der Fette, indem es die Glukoseaufnahme in die Fettzelle stimuliert und somit über Bildung von α -Glycerophosphat und Acetyl-CoA die Triglyceridsynthese ermöglicht. Es wird weiterhin angenommen, daß Insulin auch die Einschleusung von Glyceriden in die Zelle fördert. Ein kleiner Teil des Insulins scheint einen Intrinsic-Faktor zu indu-

zieren, der dann den anabolen Prozeß unterhält, auch wenn kein Insulin mehr zur Verfügung steht. Weiterhin scheint Insulin die Diffusionsvorgänge der Zellmembran in Richtung auf eine Aufnahme von Glukose bzw. Glyceriden zu fördern. Einen Einfluß auf die Glyceridsynthese scheint auch die freie Fettsäurekonzentration in der Zelle als Rückkopplungsmechanismus zu haben. Auch den Prostaglandinen wird eine insulinsynergistische Wirkung zugesprochen (BÖHLE, DISCHUNEIT et al. 1966).

Die Steuerung der Lipolyse ist weitaus komplexer. Hierbei spielen eine Reihe von Stoffen und neurale Vorgänge eine Rolle. Die fettmobilisierenden Stoffe sind die Nebennierenmarkshormone Adrenalin und Noradrenalin, sowie die Hypophysenvorderlappenhormone STH, TSH und ACTH und die Hormone Glukagon und Lipotropin. Alle diese Hormone sollen eine Triglyceridlipase aktivieren. Da diese Lipase von vielen Hormonen aktiviert werden kann, wird sie auch hormonsensitive Lipase genannt. Unter Einwirkung dieses Enzyms kommt es zu einem Reaktionsablauf, bei dem die Triglyceride gespalten und der Verbrennung zur Verfügung gestellt werden (BÖHLE, DISCHUNEIT et al. 1966).

Dem Einfluß der Katecholamine kommt eine Sympathicusreizung gleich. Ein Stress, in dessen Folge Adrenalin und Noradrenalin ausgeschüttet werden, kann zu einem erheblichen Ansteigen der Plasmalipide führen (LUDWIG 1968).

Glukagon, als Antagonist des Insulins, hat die Aufgabe, energiereiche Substanzen zur Verbrennung freizustellen (LUDWIG 1968).

4. Normalwerte der Serumlipide bei den Tieren

Während beim Menschen schon eine Reihe von Autoren Blutfettbestimmungen durchgeführt haben und sich aus vielen Werten langsam ein Normalwert herauszukristal-

lisieren beginnt, ist bei den Haussäugetieren nicht sehr viel über Blutfette gearbeitet worden (WEIBBACH 1965). Es liegen zwar eine Reihe von Untersuchungen und Angaben vor, aber durch viele Unterschiede in Tiermaterial (Alter, Rasse, Geschlecht, Fütterung, Haltung), in der Blutentnahmetechnik (Venenblut herznah, herzfern, Schlachtblut, Erregung der Tiere usw.) und nicht zuletzt in der Blutuntersuchungsmethode kommt es zu einer breiten Streuung der einzelnen Normalwertangaben (SCHÖN 1957, SELF 1959 u.a.). Im folgenden seien als erstes kurz die Werte für Pferd, Hund und Rind angegeben.

P f e r d

in mg %	1.	2.	3.
Gesamt fett	275,9 (152-418)	-	380 (302-484)
Cholesterin	98,8 (60-218)	109 $\pm$ 13	-
Phospholipoid e	128,0 (74-217)	147 $\pm$ 31	-
Neutralfette	45,2 (4,4-151)	-	-
Veresterte Fettsäuren	-	174 $\pm$ 57	-

Zit. nach WEIBBACH (1965):

1. FORENBACHER et al. (1960)
2. SOVA und JICHA (1964)
3. SCHNEIDER (1957)

H u n d

in mg %	1.	2.	3.	4.
Gesamt fett	-	-	-	800
Cholesterin	243	133-175	190	160
Phospholipoid e	455	-	-	360
Neutralfette	-	-	-	280

Zit. nach WEIBBACH (1965):

1. MONDINI et al. (1957)
2. SCHROEDER (1928)
3. MADEROVA-JAROSOVA (1960)
4. PEZOLD (1961)

R i n d

in mg %	1.	2.	3.	4.
Cholesterin	162	128	30-140	-
Gesamtlipide	-	-	-	100-400

Zit. nach WEIBBACH (1965):

1. MONDINI et al. (1957)
2. SCHROEDER (1928)
3. FREITAG (1964)
4. ALLEN (1938)

Über das Schwein sei etwas ausführlicher berichtet. BOWLAND und HIRONAKA (1957) untersuchten nach der Methode ALLEN (1933) 121 Schweine der Gewichtsklasse 100 lbs und 32 Schweine der Gewichtsklasse 200 lbs der Rasse "Yorkshire Pig" auf ihre Blutfettwerte. Die Schweine waren standardisiert gehalten und gefüttert. Es ergaben sich folgende Werte:

Gesamtfett in mg %	nach Fasten	ohne Fasten
Schweine von 100 lbs	139 _{+4,4}	96 _{+6,0}
Schweine von 200 lbs	-	131 _{+3,8}
Durchschnittswert von 121 Schweinen	115 _{+4,4}	

SELF (1957) untersuchte 63 Schweine der verschiedensten Rassen auf ihre Blutfettwerte. Er stellte acht Versuchsgruppen auf, in denen einzelne Einflüsse auf die Serumlipide getestet wurden. Die Fütterung in den einzelnen Gruppen war unterschiedlich, aber fest definiert. Der Gesamtfettspiegel schwankte bei den untersuchten Tieren zwischen 155 mg % und 194 mg %. Er stellte weiterhin fest, daß die Blutfettwerte durch Antibiotikagaben (Tetracycline) und Eiweißmenge im Futter signifikant beeinflussbar waren. Der Korrelationskoeffizient zwischen Alter, Gewicht und Blutfettwerten erwies sich als hoch signifikant. Dagegen nahmen Rasse und Geschlecht der Tiere keinen signifikanten Einfluß auf das Blutfett. LEAT (1964) fand anlässlich eines Stoffwechseler-

suches bei zwei Schweinen folgende Serumlipidwerte.

1. Triglyceride	32,8 mg% (39,2u. 26,4)
2. Gesamtfettsäuren	186 mg% (190 u.182)
3. Gesamtcholesterin	105,5 mg% (101 u.110)
4. Gesamthosphatide	137,5 mg% (125 u.150)
5. Unveresterte Fettsäuren	3,7 mg% (3,6u. 3,8)
6. Unverestertes Cholesterin	16,7 mg% (15,8u. 17,6)
7. Cholesterinester	154,5 mg% (149,6u.159,3)

Die Berechnung der Gesamtfettsäuren, die sich durch Addition von 1.+4.+5.+7. ergibt, hat das Ergebnis von 328,5 mg %; dem steht der tatsächlich bestimmte Wert von 186 mg % gegenüber. Auch die Gleichung für Gesamtcholesterin ist ungleich Estercholesterin + freies Cholesterin.

ANDERSON et al. (1964) untersuchte neun Schweine, die während des ganzen Tages Futter zur freien Verfügung hatten. Er fand folgende Werte.

Serumtriglyceride	37,0 $\pm$ 1,96 mg %
Gesamtcholesterin	97,0 $\pm$ 1,92 mg %
Serumphosphatide	124,4 $\pm$ 3,05 mg %

WEISBACH (1965) bestimmt an 93 Schweinen verschiedener Alters- und Gewichtsklassen die Werte der veresterten Fettsäuren. Es handelte sich um Schweine, die teils wegen chirurgischer Erkrankungen in die Klinik gebracht wurden, teils um Tiere aus einem Mastbetrieb und teils um Kliniksversuchsschweine. Fütterung und Haltung waren also unterschiedlich.

Die veresterten Fettsäuren wurden nach der Methode FRIED und HOEFMAYR (1963) bestimmt. WEISBACH kam zu folgenden Ergebnissen:

Tiermaterial	veresterte Fettsäuren in mg%
Saugferkel	578,4 $\pm$ 71,9
Saugferkel mit Beifutter	318,0 $\pm$ 52,4
Mastschweine bis 120 kg	212,4 $\pm$ 53,3
Ausgewachsene Schweine über 120 kg	121,4 $\pm$ 24,8

TREMERÉ et al. (1966) untersuchten in zwei Versuchen 124 Schweine, die standardisiert gefüttert und gehalten wurden. Die Blutentnahme erfolgte nach 16-bis 18 stündigem Futterentzug. Die Werte für Lipoproteide wurden mittels Elektrophorese gewonnen, die anderen Blutfettwerte nach der Methode von CONNERTY (1961). Die Gesamtlipidwerte wurden errechnet.

in mg %	1. Gruppe	2. Gruppe
Veresterte Fettsäuren	207,9 $\pm$ 5,8	204,8 $\pm$ 4,7
Freies Cholesterin	10,7 $\pm$ 0,6	13,4 $\pm$ 0,8
Gesamtcholesterin	112,0 $\pm$ 2,6	103,6 $\pm$ 2,2
Phospholipide	121,8 $\pm$ 2,4	143,7 $\pm$ 2,9
Triglyceride	44,7 $\pm$ 4,2	32,8 $\pm$ 2,7
Gesamtlipide	278,5 $\pm$ 5,0	280,1 $\pm$ 4,6

Weitere Blutfettwertbestimmungen werden zur Zeit an standardisiert gehaltenen und gefütterten Mastschweinen der Gewichtsklasse um 100 kg durchgeführt. (BRIDE, GRIESE, NEU in Vorbereitung)

Wie aus dem Vorstehenden ersichtlich wird, ist es sehr schwer, Blutfettnormalwerte für Tiere im allgemeinen und für Schweine im besonderen anzugeben. Bei einer geringen Anzahl von Tieren finden sich zum Teil gut übereinstimmende Werte. Sobald die Anzahl der untersuchten Tiere ansteigt, ergeben sich Standardabweichungen bis zu 30%. Diese Abweichungen werden insbesondere dann beobachtet, wenn es sich, wie bei WEISBACH (1965), um verschieden gehaltene und gefüt-

terte Schweine handelt. Bisher wurde bei den vorstehenden Angaben der Stress, der wohl immer mit einer Blutentnahme aus der Vena cava cranialis verbunden ist, nicht berücksichtigt. Wie aber aus den Angaben von LUDWIG (1968) ersichtlich wird, bewirkt ein Stress durch die Ausschüttung von Nebennierenmarkhormonen einen raschen Anstieg der Blutfettwerte.

Da die Untersuchungsbedingungen für die Ergebnisse von Bedeutung sind, sei angeführt, daß BOWLAND und HIRONAKA (1957) und TREMER (1966) das Blut aus der Vena cava cranialis entnahmen und es mit Oxalat (potassium oxalate) ungerinnbar machten. SELF (1957) ging bei seinen Untersuchungen ebenso vor, bewahrte das Blut bis zum Abschluß der Wertermittlung zusätzlich bei 5 bis 10 Grad Fahrenheit auf.

2. Physiologische und pathologische Schwankungen der Serumlipide

Aus den Ergebnissen der Normalwertuntersuchungen bei gesunden Tieren wird ersichtlich, welch großen Schwankungen die Werte unterworfen sind. Die einfachste und wohl auch am längsten bekannte Schwankung der Blutfettwerte ist die alimentäre postprandiale Hyperlipämie. Nach der Fütterung steigen infolge der schnellen Resorption die Blutfettwerte so stark an, daß es zu einer hyperlipämischen Trübung des Serums kommen kann. Beim gesunden Organismus verschwindet diese Trübung infolge der Klärung jedoch wieder schnell (LUDWIG 1968). Aber auch nach einer längeren Fastenperiode steigen nach LUDWIG (1968) die Blutfettwerte an. Da über die Nahrung dem Körper keine Brennstoffe mehr zugeführt werden, kommt es zu einem verstärkten Abbau in den Fettdepots und zu erhöhten Blutfettwerten, da die Fettsäuren den verbrauchenden Organen über das Transportsystem Blut zugeführt werden. WEIBACH (1965)

berichtet über Hungerversuche am Schwein. Er kommt allerdings zu dem Ergebnis, daß die Blutfettwerte während der ersten 48 Stunden keine bedeutenden Abweichungen zeigen. Danach beobachtet er ein Ansteigen, das bis zur 84. Stunde anhält. Bei Ferkeln bemerkt WEIBBACH (1965) einen sofortigen Abfall der Werte nach Entfernung der Muttersau. Dieses läßt sich so erklären, daß Saugferkel noch keine ausreichenden Depot-Fettreserven zur Verfügung haben und ihren Energiebedarf aus der Sauenmilch decken (WEIBBACH 1965).

Eine Beeinflussung der Blutfettwerte durch die Fütterung beschreibt SELF (1959). Er stellt durch Untersuchungen an Schweinen fest, daß Futterzusätze von Chlortetracyclin in der Lage sind, den Gesamtlipidspiegel um 5% von 180 auf 172 mg % zu senken. Auch der Proteinanteil des Futters nimmt Einfluß. Bei der Umstellung der Fütterung von einem Eiweißgehalt von 12% auf 16% sinken die Gesamtlipidwerte um etwa 10% von 185 auf 166 mg %.

WEIBBACH (1965) stellte fest, daß eine Erhöhung des Futterfettgehaltes mit einer Erhöhung des Blutfettgehaltes einhergeht.

ANDERSON und FANCH (1964) untersuchen den Einfluß verschiedener Futterzeiten auf den Blutfettgehalt. Sie stellen fest, daß Schweine, die während des ganzen Tages beliebig Futter aufnehmen können, deutlich höhere Serumcholesterin- und Serumphospholipoidwerte aufweisen als Schweine mit ein oder zwei täglichen Fütterungszeiten. Die Triglyceridwerte bleiben in beiden Gruppen konstant.

Neben der Fütterung spielt die Haltung eine Rolle bei der Höhe der Blutfettwerte. MORROW et al. (1963) stellen eine deutliche Abhängigkeit der Serungesamtlipide von der Außentemperatur fest. Sie halten Schweine bei - 0,5 bis + 4 Grad Celsius und finden 261 ± 40 mg %; bei einer Umgebungstemperatur von 14

bis 15 Grad Celsius finden sie 182 ± 33 mg % Gesamtlipide. Die erhöhten Werte kommen dadurch zustande, daß von einem bestimmten Temperaturgrenzwert an vermehrt Depotfett abgebaut und transportiert wird, um die Körpertemperatur zu erhalten. Versuche, die von YOUNG und COOK (1955) zit. nach WEISBACH an Mäusen und Ratten gemacht wurden, bestätigen MORROWS Ergebnisse. Weiterhin wird festgestellt, daß vermehrte Bewegung bei Pferden und Käfighaltung bei anderen Tieren die Blutfettwerte ansteigen lassen (DEITERS 1936, BANG 1918 zit.nach WEISBACH 1965).

Aber auch Rasse, Geschlecht, Alter und Gewicht nehmen auf die Höhe der Blutfettwerte Einfluß. ANDERSON und FANCH (1964) und WEISBACH (1965) stellten bei Sauen und Ebern verschiedene Blutfettspiegel fest. Dagegen fand SELF (1959) keine Beeinflussung der Blutfettwerte durch Rasse und Geschlecht. Er stellte aber fest, daß Alter und Gewicht der untersuchten Schweine einen bedeutenden Einfluß haben.

Der Einfluß der physiologischen Vorgänge Schwangerschaft und Geburt ist bei Tieren noch ungenügend untersucht. Beim Menschen berichtet SCHRADE (1956) von einer Erhöhung aller Fettfraktionen des Schwangerenblutes. ALLEN (1938) stellt dagegen beim Rind einen Abfall der Gesamtlipide während der Trächtigkeit fest, der seinen Höhepunkt zum Zeitpunkt der Geburt erreicht. Mit beginnender Laktation erfolgt dann ein langsamer Anstieg. WEISBACH (1965) bestimmt die Blutfettwerte bei Sauen in der Geburt. Er findet leicht erniedrigte Werte, die aber noch im Bereich der mittleren Streuung liegen.

Neben Blutfettschwankungen, deren Ursache physiologisch erklärbar ist, wurde von SCHRADE (1956) beobachtet, daß beim Menschen Tagesschwankungen auftreten, deren Ursache noch ungeklärt ist. Auch beim Hund wurde ein ähnliches Phänomen gesehen. In 30-bis 40 minütigen Abständen zeigen sich rhythmische Schwankungen

der Blutfettwerte (PITTONIE und ROSSI 1951 zit. nach SCHRADE 1956).

Über die pathologischen Schwankungen der Blutfettwerte beim Menschen liegen eine Reihe von Untersuchungen vor. Darauf soll hier nicht näher eingegangen werden. Anhand einer Einteilung der pathologischen Blutfettwertschwankungen nach PEZOLD (1961) soll jedoch die Bedeutung dieses Gebietes aufgezeigt werden.

I. Symptomatische Hyperlipidämien

1. Hyperlipidämie bei nephrotischem Syndrom
2. Hyperlipidämie bei endokriner Dysregulation
 - a. Hypophysen-Nebennierensystem
 - b. Schilddrüse
 - c. Diabetes mellitus
 - d. Schwangerschaft
3. Hyperlipidämie als Mangelsyndrom
 - a. Aderlasslipämie
 - b. Hungerlipämie

II. Essentielle Hyperlipidämien

1. Neutralfett-Typ
2. Cholesterin-Typ

III. Hypolipidämien

Andere symptomatische Hyperlipidämien, die bei Erkrankungen von Leber und Pankreas auftreten können, werden besonders eingeteilt, da ihre Ursachen noch nicht völlig geklärt sind (KLENK et al. 1962).

Wichtig erscheint noch die Unterscheidung von Lipämie (Vermehrung der Chylomikronen, Trübung) und Lipidämie oder Lipoidämie, bei der die Gesamtblutfettfraktionen vermehrt sind.

Bei unseren Haustieren sind die pathologischen Fettschwankungen noch wenig beschrieben. Es ist zumindestens fraglich, ob sich die Einteilung für den Menschen praktisch auf das Tier übertragen läßt.

Theoretisch wird es sicher möglich sein. Eine Schwierigkeit der Auswertung erhöhter Serumlipidwerte besteht darin, daß Schwankungen bei den einzelnen Tieren im Normalwert auftreten.

Nach SCHOTTMANN und WAGENAAR (1969) und EIKMEIER (1970) kommt es bei Ponys, besonders bei tragenden Stuten und Stuten, die gefohlt oder verfohlt haben, häufig zu einer Hyperlipämie. Diese schwere Stoffwechselstörung, die nicht selten zum Tode führt, beruht häufig auf Magen- und Darmstörungen sowie auf Erkrankungen des Atmungsapparates. Sie ist als Folge der Nahrungsverweigerung und der dadurch erhöhten Mobilisation der Fettdepots anzusehen.

WRIEDT (1964) stellte Cholesterinuntersuchungen bei Rindern an. Bei Distomatose, Acetonurie, Leukose und Tetanie fand er erhöhte Serumcholesterinwerte. Erniedrigte Werte wurden bei akuten Lebererkrankungen, Darmentzündungen und Hypokalzämien festgestellt. Bei allen chirurgischen Krankheiten bleiben die Werte normal. Inwieweit die Dyslipämien aber auf sekundäre Ursachen zurückzuführen sind, wurde nicht abgeklärt.

6. Bestimmungsverfahren für veresterte Fettsäuren

In der Literatur sind eine ganze Reihe von Verfahren beschrieben worden, nach denen die Lipidbestimmung im Blut möglich ist. Da die Blutlipide komplexe Substanzen darstellen, kann ihre Bestimmung auf verschiedene Art durchgeführt werden. Je nachdem welcher Bestandteil der Lipide nachgewiesen werden soll, ist das Verfahren auf diesen bestimmten Anteil zugeschnitten. Durch elektrophoretische Bestimmungen können die Proteine nachgewiesen werden, an die die Fettsäuren als Lipoproteide gebunden sind und die ihre Transportform darstellen (SWAHN 1953, SCHON 1957, PEZOLD 1961 und ZÖLLNER 1965).

FRIED (1963) gibt eine vereinfachte kolorimetrische Bestimmung der B-Lipoproteide an. Aber nicht nur für

die β -Lipoproteide, sondern für die ganze Skala der Blutlipide sind kolorimetrische Verfahren ausgearbeitet worden (SWAHN 1953, PEZOLD 1961, FRIED 1963 u.a.).

Einen zusammenfassenden Überblick über die Bestimmungsmethoden der Serumlipide geben ZÖLLNER und EBERHAGEN (1965).

Noch vor wenigen Jahren bestimmten amerikanische Autoren (BOWLAND und HIRONAKA 1957, SELF 1959, MORROW 1963) die Gesamtlipide nach der volumetrischen Methode nach ALLEN (1938).

Erwähnt seien auch die gravimetrischen Methoden, bei denen nach Extraktion die Lipide im Extraktionsmittel gewogen werden (ZÖLLNER 1965).

Einen guten Ansatzpunkt zur Blutlipidbestimmung geben uns die veresterten Fettsäuren. Sie sind in den Hauptlipidfraktionen des Blutes (Neutralfette, verestertes Cholesterin, Phospholipide, Glykolipide) anzutreffen und erlauben im allgemeinen einen guten Überblick über die Lipidsituation des Blutes (SCHETTLER 1956).

SCHÖN (1957) gibt einen genauen Weg an, um auf indirekte Weise die Gesamtfette über die Bestimmung der veresterten Fettsäuren zu errechnen.

FRIED und HOEFLMAYR (1963) führen aus, daß die Bestimmung der veresterten Fettsäuren Rückschlüsse auf den Triglyceridspiegel zuläßt. Aber auch auf die Gesamtlipide sind Rückschlüsse möglich; denn neben den o.a. Blutfraktionen zählen zu den Gesamtlipiden zusätzlich die freien Fettsäuren und das freie Cholesterin. EGGSTEIN (1961) schlägt vor, die Neutralfette über die veresterten Fettsäuren rechnerisch zu bestimmen, da alle bisher bekannten Triglyceridbestimmungsmethoden unbefriedigende Ergebnisse erbrachten. Die Neutralfette sind als Differenz zwischen Gesamtesterfett-säuren und Lipoidfettsäuren zu verstehen. EGGSTEIN (1961) gibt folgende Verfahren an:

0,5 bis 1 ml Serum werden mit 25 ml Alkohol-Ather (3:1) oder 20 ml Chloroform-Methanol (2:1) extrahiert und gegebenenfalls gegen Wasser dialysiert oder ausgeschüttelt.

0,1 ml Serum entsprechende Extraktmengen werden jeweils zur Bestimmung der Esterfettsäuren, des Lipidphosphors, des Gesamtcholesterins, des freien- bzw. Estercholesterins eingesetzt. Die Neutralfette werden dann nach folgender Formel berechnet.

$$\text{mg \% Neutralfett} = \text{Fettsäureester} - (\text{Estercholesterin} \times 0,764 + \text{Lipidphosphor} \times 14,2)$$

Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % entsprechen die ermittelten Werte dem tatsächlichen Neutralfett ± 25 bis 30%.

In einem zweiten Verfahren wird der Fehler kleiner, weil die Phospholipidfettsäuren chemisch bestimmt werden oder die chromatographisch isolierten Neutralfette direkt nachgewiesen werden. Die Berechnung erfolgt dann nach folgender Formel.

$$\text{mg \% Neutralfett} = \text{Fettsäureester} - (\text{Estercholesterin} \times 0,764 + \text{Phosphatidfettsäuren})$$

Auch ZÖLLNER (1963) gibt an, daß wegen gewisser Gesetzmäßigkeiten der Lipidfraktionen im Serum die Neutralfette durch Bestimmung der veresterten Fettsäuren nach folgender Formel berechnet werden können.

$$\text{Neutralfette} = 1,04 \times (\text{veresterte Fettsäuren} - ((0,72 \times \text{Estercholesterin} + 13,3 \times \text{Lipidphosphor})))$$

Die Bestimmung der veresterten Fettsäuren erfolgt bei allen Autoren nach dem gleichen Reaktionsprinzip. Die Fettsäuren werden kolorimetrisch als Eisenhydroxamate nachgewiesen (EGGSTEIN 1961, ZÖLLNER 1965).

Um die Prüfung der grundlegenden Verfahren hat sich EGGSTEIN (1961) bemüht. Die Bestimmung der veresterten Fettsäuren ist in zwei Abschnitte zu trennen.

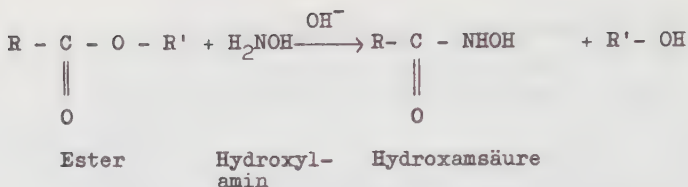
1. Die Extraktion und Isolierung der Gesamtfette aus dem Serum
2. Die eigentliche Bestimmung der Fettfraktionen

EGGSTEN (1961) fand bei der Prüfung der Extraktions- und Isolierungsverfahren, daß Äthanol-Äther, Methanol-Chloroform und 96%iges Äthanol einen Rohextrakt mit praktisch gleichem Phosphor-, Esterfettsäuren- und Cholesteringehalt ergaben. Mit o.a. Lösungsmitteln bzw.- gemischen ist eine Extraktion der Blutfette ausreichend möglich. Die Isolation bzw. die Entfernung der Nicht-Lipid-Beimengungen gestaltet sich schwieriger. Chloroform und Chloroform-Petroläther zeigten schlechte Erfolge. Ergiebiger war die aufwendige Methode nach FOLCH und SPERRY (zit. nach EGGSTEIN 1961).

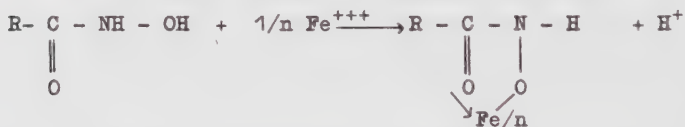
FRIED und HOEFLMAYR (1963) führen bei ihrer Methode zur Bestimmung der veresterten Fettsäuren die Extraktion mit Isopropylalkohol durch. Isopropanol dürfte wohl die gleiche Wirksamkeit wie Äthanol und die anderen Extraktionsmittel haben. Es hat aber den Vorteil, daß es weniger flüchtig ist. Dadurch kann sich die Konzentration der Fette im Lösungsmittel während der Extraktionsphase nicht oder nur unwesentlich verändern.

Die eigentliche Bestimmung der veresterten Fettsäuren als Eisenhydroxamatkomplex geht nach EGGSTEIN (1961) auf JEAURNAUD (1889) zurück. In den folgenden Jahren wurde die Hydroxamat-Eisen-Reaktion dann in der Chemie zu einem spezifischen Esternachweis ausgebaut. BAUER und HIRSCH (1949) empfahlen sie als Nachweismethode für veresterte Fettsäuren im Blut. Diese Methode wurde von vielen Autoren übernommen und zum Teil modifiziert (STERN und SHAPIRO 1953, GALETTI 1961, EGGSTEIN 1961, FRIED und HOEFLMAYR 1963).

Die Hydroxamsäurebildung läuft bei dieser Reaktion nach EGGSTEIN (1961) folgendermaßen ab.



Fettsäureester reagieren in alkalischer Lösung mit Hydroxylamin zu Hydroxamsäuren. Die Farbbildungsreaktion verläuft nach folgender Gleichung und ist von der Fe-III-Ionen- und H-Ionenkonzentration abhängig.



Hydroxamsäure Fe+H-Ionen Ferrihydroxamatkomplex

Die Reaktion verläuft am besten, wenn Eisenionen im Überfluß vorliegen. Die stabilste Farbbildung wird in einer 0,2 - 0,1 molaren Säure erreicht. Die einzelnen Methoden unterscheiden sich darin, daß entweder in wasserfreiem Milieu (BAUER und HIRSCH 1949) oder in wässrigem Milieu (STERN und SHAPIRO 1953) gearbeitet wird. EGGSTEIN (1961) stellte beim Vergleich der beiden Methoden fest, daß im wasserfreien Milieu die einzelnen Fettfraktionen besser erfasst wurden und die Zeit zur Hydroxamsäurebildung erheblich kürzer war als im wässrig-alkalischen Milieu. Auch erfolgte die Hydroxamatbildung nicht immer konzentrationsproportional. EGGSTEIN (1961) führt dieses auf Wasseranwesenheit zurück.

EGGSTEIN (1961) entwickelte eine eigene Methode. Nach der Extraktion mit Alkohol-Äther dampfte er zur Hydroxylaminolyse das Lösungsmittel vollständig ab und gab zum Rückstand absoluten Äther, alkoholische Hydroxylaminlösung und Natriumalkoholat. Diese Arbeit wurde

im Kühlraum durchgeführt. Nach zwei bis vier Minuten wurde der Äther abgedampft. Jetzt wurde Eisenreagenz-lösung zugegeben, filtriert und innerhalb der nächsten 10 bis 60 Minuten photometriert. Er erhielt mit dieser Methode immer konzentrationsproportionale Werte.

FRIED und HOEFLMAYR (1963) entwickelten eine Methode, die im wesentlichen auf der Methode von STERN und SHAPIRO (1953) beruht. Die Extraktion wird mit Iso-propylalkohol durchgeführt. Dazu werden zu 1,9 ml Isopropanol 0,1 ml Serum gegeben. Isopropanol fällt das Eiweiß aus und bringt die im Serum enthaltenen Fettfraktionen in Lösung. Frühestens nach 10 Minuten wird zentrifugiert oder filtriert. Diese Zeit kann überschritten werden, wenn die Verdunstung verhindert wird (HOEFLMAYR 1970).

Zur Hydroxamsäurebildung werden 0,5 ml 10%ige Natron-lauge und 0,5 ml Hydroxylamin-Salzsäure-Lösung in ein Reagenzglas gegeben. Dazu kommt 1 ml des Überstandes beim Zentrifugieren bzw. 1 ml des Filtrates. Nach gutem Durchmischen bleibt der Ansatz 30 Minuten bei Zimmertemperatur stehen. Während dieser Zeit, sie kann nach HOEFLMAYR (1970) überschritten werden, läuft die Hydroxamsäurebildung ab. Anschließend wird mit 0,5 ml 3,8 normaler HCl angesäuert und 0,5 ml Eisen-III chloridlösung zugesetzt. Nach etwa 20 Minuten, in dieser Zeit läuft die Eisenhydroxamatkomplexbildung ab, wird photometrisch die Extinktion gegen den Leerwert gemessen. Die Zeit von 20 Minuten als Meßzeit soll nicht überschritten werden.

Leerwert und Standardwert werden auf die gleiche Weise wie der Analysenwert hergestellt. Anstatt 1 ml Zentrifugat werden 1 ml Isopropanol bzw. 1 ml Trioleinstandard zugegeben. Als Reagenzien werden verwendet:

1. Hydroxylaminhydrochloridlösung

Hydroxylaminhydrochlorid	11,0
Aqua destillata	4,5
Methanol	ad 100,0 (FRIED 1970)

2. Eisen III chloridlösung

$\text{Fe Cl}_3 \times 6 \text{ H}_2\text{O}$ 10,0 g
0,1 n HCl ad 100,0 g (FRIED 1970)

3. Trioleinstandard 50 mg % in Isopropanol

4. 10%ige Natronlauge

5. 3,8 n Salzsäure

6. Isopropanol

7. Das Fleisch-Fett-Verhältnis bei Schlachtschweinen

SCHÖN (1958) definiert das Fleisch-Fett-Verhältnis als eine Verhältniszahl zwischen Muskelfleisch und Fettgewebe unter Ausschluß von Knochen und Schwarten. Nach SCHEPER (1963) kann diese Verhältniszahl nur durch präparative Trennung der Gewebsarten Fleisch, Fett, grobe Sehnen und Schwarten genau bestimmt werden. Mit einzubeziehen sind die Flomen, das sichtbare intermuskuläre Fett und die Nieren. Alle anderen anhand von Hilfsmerkmalen bestimmten Verhältniszahlen geben nicht das Fleisch-Fett-Verhältnis, sondern nur eine Annäherungszahl wieder, die vielen Schwankungen unterworfen ist. Über diese Hilfsmerkmale und die Methoden ihrer Feststellung wird noch ausführlicher berichtet.

Neben der Angabe des Fleisch-Fett-Verhältnisses gehören zur Beurteilung der Schlachtkörperqualität noch eine Reihe weiterer Angaben (SIEBURG 1957).

SCHÖN und SCHEPER (1967) geben für eine qualitative Bewertung des Schlachtkörpers folgende Maßnahmen an.

I. Gewichte und Maße an der Schlachthälfte

1. Gewicht bei der Schlachtung

2. Maße an der Schlachthälfte

a) Rückenspeckdicke

b) Schlachtkörperlänge

2. c) Rückenmuskelfläche, Fettfläche, Fleisch-Fettflächenverhältnis
- d) Zahl der Rippen

II. Das Fleisch-Fett-Verhältnis

1. Zerlegung der Schlachthälfte in Teilstücke:
Kopf, Vorhand, Mittelhand und Hinterhand nach dem DLG-Schema durch Schnitte vor dem Atlas, zwischen der vierten und fünften Rippe und zwischen dem fünften und sechsten Lendenwirbel senkrecht zur Wirbelsäule
2. Präparation der Teilstücke in Fleisch, Fett, grobe Sehnen und Schwarten. Entfernung der groben Sehnen (nicht zerlegt werden: Spitzbein, Flomen und Niere)
3. Wiegen der Bestandteile
4. Errechnen der Verhältniszahl

Beispiel: Bei einem gewogenen Fleischanteil von 42,2 kg und einem Fettanteil von 25,7 kg (die Schwarten von 5,8 kg und die Knochen von 11,5 kg bleiben unberücksichtigt) ergibt sich nach der Gleichung:

$$\frac{\text{Fettanteil}}{\text{Fleischanteil}} = \frac{X}{1} \text{ ein Fleisch-Fett-Verhältnis von } 1 : 0,609.$$

Anwendung findet das Fleisch-Fett-Verhältnis allein oder im Zusammenhang mit anderen Schlachtwertmerkmalen bei der Mastleistungsprüfung von Einzeltieren, bei der Nachkommenschaftsprüfung und bei der Qualitätsfeststellung am Schlachtkörper. Bei einer geeigneten einfachen Methode würden sich weitere Anwendungsbereiche finden, z.B. in Schweinemästereien zur Überprüfung des täglichen Fleisch- und Fettzuwachses bei bestimmten, optimalen Futtergaben. Dazu ist es aber notwendig, eine sichere Methode zur Feststellung des Fleisch-Fett-Verhältnisses am lebenden Tier zur Verfügung zu haben.

Eine Übersicht über das Fleisch-Fett-Verhältnis bei

Schlachtschweinen gibt SCHEPER (1963). Bei seinen Untersuchungen findet er, daß bei 93% von 492 Schweinen der Fettanteil über 0,60 liegt. Bei 80% der Tiere liegt der Wert zwischen 1:0,70 und 1:1,29.

Das Fleisch-Fett-Verhältnis hat sich in den letzten Jahren durch die Festlegung des Zuchtzieles " Fleischschwein " deutlich zugunsten des Fleisches geändert. Bedingt durch Zuchtauswahl, Fütterung, Fütterungstechnik und durch das niedrigere Schlachtgewicht wird eine Abnahme des Fettanteils am Schlachttierkörper beobachtet. Die Hessische Landesanstalt für Leistungsprüfungen in der Tierzucht, Neu-Ulrichstein findet 1970 bei 1070 geprüften Schweinen folgende Durchschnittswerte.

	Fleisch-Fett-Verhältnis 1:		
	Kurhessen	Hessen-Nassau	DExDL
424 Schweine geprüft in Zweiergruppen	0,55	0,56	0,52
646 Schweine geprüft in Vierergruppen	0,66	0,65	-

8. Bestimmungsmethoden des Fleisch-Fett-Verhältnisses

In der Literatur sind von vielen Autoren Angaben über die Bestimmung des Fleisch-Fett-Verhältnisses am lebenden und am toten Schwein gemacht worden. SCHÖN (1958) gibt an, daß eine Erfassung des Schlachtwertes am lebenden Tier schwierig ist, da der äußere, subjektive Eindruck von einem Tier von dem objektiv gemessenen Qualitätsgrad meist verschieden ist. Ihm scheint bei der objektiven Bewertung die Verteilung von Fleisch und Fett, das Fleisch-Fett-Verhältnis, wesentlich.

Eine umfassende Übersicht über die Bestimmungsmethoden des Schlachtwertes von Schweinen findet sich bei

SIEBURG (1957) und bei HORST (1963).

Die genaueste Methode zur Feststellung des Fleisch-Fett-Verhältnisses beim toten Schwein ist die Präparation der Gewebsteile Fleisch, Fett, Sehnen, Schwarten und Knochen, die schon im vorigen Kapitel genau beschrieben wurde (SCHEPER 1963). Da eine Trennung der Gewebsanteile zeitlich und finanziell zu aufwendig ist, wurden von verschiedenen Autoren die unterschiedlichsten Hilfsmerkmale angegeben, aus denen sich ein genaues Fleisch-Fett-Verhältnis errechnen lassen soll. Als Hilfsmerkmale wurden herangezogen: Schlachtkörperlänge, Rückenspeckdicke an bestimmten Punkten der Rückenlinie und lateral der Rückenlinie, durchschnittliche Rückenspeckdicke, der Kotelettanschnitt hinter der 13. Rippe, die Schinkenbeurteilung, die Teilzerlegung repräsentativer Körperteile, Kombinationen der verschiedenen Verfahren u.a.-

LOHSE et al. (1967) überprüften an einem repräsentativen Querschnitt von 50 weiblichen und 50 kastrierten männlichen Schweinen die Korrelationen zwischen Schlachttierkörperzusammensetzung und Hilfsmerkmalen, die an der unzerlegten Hälfte gemessen wurden. Dazu wurden die Schweine nach den Richtlinien der Mastleistungsprüfanstalten subjektiv beurteilt. Die vorgeschriebenen Körpermaße wurden ermittelt. Danach fand die Zerlegung nach den DLG-Richtlinien und die gewebliche Zerlegung statt. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle nach LOHSE et al. (1967) wiedergegeben.

Andere Autoren (SCHÖN und SCHEPER 1967, BLENDL 1966) stimmen mit diesen Ergebnissen weitgehend überein. Den höchsten Aussagewert haben wohl das Fleischmaß II und das Fleisch-Fettflächenverhältnis hinter der 13. Rippe. Obwohl bei anderen Hilfsmerkmalen noch höhere Korrelationskoeffizienten zu finden sind, haben diese weniger Bedeutung, da sie arbeitsmäßig der geweblichen Zerlegung schon sehr nahe kommen.

Hilfsmerkmale zur Schlachtkörperbewertung nach LOHSE

Hilfsmerkmal	Korrelations- koeffizienten	Bezugsmerkmal Fleisch-Fett- Verhältnis der Hälfte 1 :
Schlachtkörperlänge		-0,15
Durchschnittliche Rückenspeckdicke		0,38
Kotelettanschnitt zwischen der 13. und 14. Rippe		
Seitenspeckdicke		0,51
Fleischmaß I		0,37
Fleischmaß II		0,71
Fleischmaß III		0,65
Dänisches Seitenmaß		0,69
Rückenmuskelfläche		-0,66
Rückenfettfläche		0,57
Fleisch-Fettflächenverhältnis		0,75
Fleisch-Fettflächenverhältnis des Schinkens		0,86
Fleisch-Fettflächenverhältnis des Schinkens und der fleisch- reichen Teilstücke mit Auflage- fett		0,95

Neben den Hilfsmerkmalen, die am toten Tier Hinweise auf den Schlachtkörperwert geben, sind Methoden entwickelt worden, die schon am lebenden Schwein angewendet werden können und gerade deshalb bei der Eigenleistungsprüfung Bedeutung erlangt haben (SIEBURG 1957 u.a.).

Die wohl einfachste und älteste Methode ist die subjektive Einzeltierbeurteilung. Diese Methode kann zwar bei einzelnen geübten Taxierern und einem bestimmten Schweinetypp Aussagekraft haben, ist aber im allgemeinen nicht sehr objektiv (HORST 1963).

Auch die Bewertung von Einzelmerkmalen am lebenden Tier (Röhrbeinmaß, Schinkenmaß, Kopfmaß, Schwanzmaß,

Körperlänge, -höhe u.a.) brachten keine reproduzierbaren objektiven Ergebnisse (HORST 1963, SCHÖN und SCHEPER 1967, LOHSE et al. 1967).

Bessere Erfolge brachte die Übertragung der Verhältnisse am toten Schwein auf das lebende Schwein. Die Maße Speckdicke, Fleischmaß II, Fett-Fleischflächenverhältnis hinter der 13. Rippe u.a. wurden mit verschiedenen Apparaturen am lebenden Schwein genommen und brachten sehr gute Korrelationskoeffizienten. So untersuchten LAUPRECHT et al. (1963), WENIGER (1967), HORST (1970) u.a. die Anwendbarkeit eines Ultraschall-Echolot-Verfahrens zur Messung von Speck- und Fleischdicke durch Einführen der zweiten Dimension, zur Herstellung eines Schnittbildes verschiedener, für das Fleisch-Fett-Verhältnis interessierender Körperregionen.

SIEBURG (1957) berichtet von einem "Leanmeter", mit dem aufgrund der verschiedenen Leitfähigkeit der Gewebe für elektrische Ströme, Tiefenmessungen durchgeführt werden können. Die angeführten Autoren kommen alle zu guten Ergebnissen.

KLIESCH und HORST (1964) fanden auf der Suche nach neuen Hilfsmerkmalbestimmungsmethoden heraus, daß sich mit Röntgenstrahlen gute Aussagen über die Schinken-zusammensetzung beim Schwein machen lassen.

PFAU et al. (1963) maßen mit einem Großflächendetektor die natürliche Radioaktivität von Kalium 40 in Geweben. Da Muskulatur viel, Fettgewebe aber wenig Kalium 40 enthält, konnten sie Aussagen über die gewebliche Zusammensetzung von Schlachtkörpern machen.

Andere Autoren versuchten mittels injizierter Substanzen und deren Verdünnung und Verteilung in den einzelnen Gewebsarten, Rückschlüsse auf die Schlachtkörperqualität zu ziehen.

So beschreibt SIEBURG (1957) den Antipyrin-test. Er führt an, daß diese Methode Korrelationskoeffizienten von $r = 0,89 \pm 0,029$ ergibt.

HORST (1964) erwähnt den Kreatinintest, bei dem die Ausscheidung von Kreatinin im Serum oder im Harn gemessen wird. Da Kreatinin ein muskelspezifisches Abbauprodukt ist, konnte eine Beziehung zur Fleischmenge festgestellt werden. Es ergaben sich Korrelationskoeffizienten von 0,65 und 0,48.

Die Methode der Schlachtwertbestimmung am lebenden Tier aus Blutbestandteilen machten sich schon mehrere Untersucher zunutze.

So bestimmt DOORNENBAL (1962) mit radioaktivem Chrom-51 das Erythrozytenvolumen und schloß von dort aus auf große Sauerstoffverbraucher (Muskulatur) und weniger große Sauerstoffverbraucher (Fett) und deren Verhältnis zueinander.

BOWLAND und HIRONAKA (1957) untersuchten 121 Schweine der Gewichtsklasse um 100 lbs und 32 Schweine der Gewichtsklasse um 200 lbs der Rasse "Yorkshire Pig" auf ihre Gesamtblutlipide. Sie stellten diese Werte den Werten der Schlachtkörperqualität gegenüber. Letztere Werte wurden nach der Methode Canadian Advanced Registry festgestellt. Bei dieser Methode werden folgende Maße berücksichtigt: maximales Schulterfett, geringste Rückenspeckdicke (gemessen auf der Höhe der letzten Rippe), maximales Lendenfett und der Querschnitt des Musculus longissimus dorsi auf der Höhe der letzten Rippe. Bei Schweinen der Gewichtsklasse um 100 lbs, denen vor der Blutentnahme das Futter nicht entzogen wurde, zeigte sich eine deutliche Beziehung zwischen Blutfettwerten und der Rückenspeckdicke. Eine Beziehung zur Lendengegend oder zur Zuwachsrate konnte nicht festgestellt werden. Nach einer 16- bis 18stündigen Fastenperiode zeigten sich signifikante Beziehungen zwischen Blutfettwerten und Schulter-, Rücken- und Lendenspeckdicke und zum Querschnitt des Musculus longissimus dorsi. Die Beziehung

zur Zuwachsrates war schlechter. Die Verfasser kommen zu dem Schluß, daß Blutfettwerte, im Zusammenhang mit anderen Meßgrößen, Aussagekraft über die Schlachtkörperqualität haben.

TREMERÉ et al. (1966) überprüften die Relation zwischen Bluteiweiß- und Blutlipidwerten zu Schlachtkörpermaßen an 144 Schweinen des Bacontyps. Die Schweine, 84 weibliche und 60 kastrierte männliche, waren genau definiert gehalten und gefüttert. Das Blut wurde nach 16- bis 18stündiger Fastenperiode entnommen. Die genauen Untersuchungsbedingungen wurden bereits im Kapitel Normalwerte beschrieben. Die Schlachtkörpermerkmale wurden nach der ROP- (record of performance) Methode bestimmt. Hierbei werden die Rückenspeckdicke (errechnet aus der maximalen Schulter- und Lendenspeckdicke), die Lendengegend, die Bauchpartiequalität und die Schlachtkörperlänge im Vergleich zu Standardwerten berücksichtigt. Die Ergebnisse des Vergleichs der veresterten Fettsäuren im Serum und der Schlachtkörperqualität werden aus folgender Tabelle ersichtlich, in der die Korrelationskoeffizienten angegeben sind.

Serumbestandteile	Average backfat	Loin area	ROP score
veresterte Fettsrn. bei 57 kg	0,19 0,08	0,05 0,10	0,14 0,18
veresterte Fettsrn. bei 86 kg	0,06 0,19	0,04 0,08	0,08 0,17

Signifikante Beziehungen wurden bei einigen Komponenten gefunden, aber der größte Teil der Einzelbestimmungen war wenig aussagekräftig. Zusammenfassend sagen die Verfasser aus, daß in keinem Fall ein Korrelationskoeffizient ausreichend hoch genug war, um Aussagekraft zu haben.

BOWLAND (1957) und TREMERÉ (1966) widersprechen sich

in ihren Untersuchungsergebnissen. Das mag daran liegen, daß die Methode (Blutentnahme, Fettbestimmung und Schlachtkörperwertfeststellung) nicht optimal war. Deshalb muß mit besseren Methoden festgestellt werden, welchen Aussagewert die Blutlipide, besonders die veresterten Fettsäuren, im Hinblick auf die Schlachtkörperqualität haben.

C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1. Tiermaterial

Von 148 weiblichen Schweinen der Hessischen Landesanstalt für Leistungsprüfungen in der Tierzucht, Neu-Ulrichstein, wurden die veresterten Fettsäuren im Blutserum bestimmt. Die Untersuchung erfolgte im Herbst und Winter 1970/1971. Bei den Tieren handelte es sich in der Mehrzahl um die Rasse " Deutsches Landschwein " und um wenige Schweine der Kreuzung der Rassen " Deutsches Landschwein x Deutsches Edelschwein ", die im Alter von ca. neun Wochen mit einem durchschnittlichen Gewicht von 22,3 kg zur Mast eingestellt worden waren.

Die Mastleistungsprüfung erfolgte in Zweiergruppen. Dabei waren die Schweine einzeln oder zu zweit nach der Dänischen Aufstallungsmethode bei einer Stalltemperatur von 20 Grad Celsius und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60% bis 75% gehalten. Bei Außentemperaturen über 20 Grad Celsius konnte auch die Innentemperatur diesen Wert überschreiten.

Die Fütterung erfolgte verhalten.

Futterzusammensetzung:	82% Gerste
	18% Eiweißfutter

Im Eiweißfutter waren enthalten:

45% Fischmehl
45% Sojaschrot
10% Mineralstoffe

Der Mineralstoffgehalt der Gesamtration betrug 1,8%. 1000 g des verabreichten Futters enthielten 140 g verdauliches Rohprotein und 720 g Gesamtnährstoffe.

Die Tiere zeigten durchschnittliche tägliche Gewichtszunahmen von 776 (631 bis 875)g.

Das Prüfungsendgewicht von 100 kg war durchschnittlich nach 171 (148 bis 202) Tagen erreicht.

Der Transport zum Schlachthof Gießen erfolgte am Tage der Schlachtung über 45 km per LKW.

2. Methodik

Nach dem Transport von der Mastleistungsprüfanstalt zum Schlachthof wurden die Schweine nach einer ca. einstündigen Pause gewogen und in Boxen unmittelbar vor die Tötungsbucht gebracht.

Erst nachdem sich alle Tiere beruhigt und niedergelegt hatten, konnte die Blutgewinnung nach folgendem Plan durchgeführt werden:

- | | |
|---|--|
| Ohrvenenblut | (entnommen am liegenden, nicht fixierten Tier durch Anschnitt einer Ohrvene) |
| 1. Schlachtblutfraktion (aufgefangen unmittelbar nach dem Stich aus dem Stichkanal nach vorangegangener elektrischer Betäubung) | |
| 2. Schlachtblutfraktion (etwa nach der halben Entblutungszeit aus der Stichwunde aufgefangen) | |
| 3. Schlachtblutfraktion (die letzten Tropfen des aus der Wunde fließenden Blutes) | |

Bei den Schlachtblutfraktionen handelte es sich um arteriovenöses Mischblut. Die einzelnen Anteile konnten sich je nach Führung des Stiches verändern.

Nach der Gewinnung wurde das Blut unmittelbar ins Labor gebracht und sofort zehn Minuten lang bei 3000 U/min zentrifugiert. Anschließend erfolgte die Untersuchung des bei Zimmertemperatur aufbewahrten Serums auf veresterte Fettsäuren nach der Methode FRIED und HOEFELMAYR (1963) mit gebrauchsfertigen Reagenzien der Firma Haury, München.

Die Untersuchungsvorschriften wurden insoweit modifiziert, als zum Arbeiten nach der Mikromethode die einzufüllenden Reagenzien im Verhältnis verringert wurden.

In ein Zentrifugenglas wurden 1,9 ml Isopropanol und 0,1 ml des zu untersuchenden Serums eingefüllt und miteinander gut gemischt. Nach einer Pause von zehn Minuten erfolgte die Zentrifugierung bei 3000 U/min zehn Minuten lang.

Der folgende Plan zeigt den Fortgang der Untersuchung.

	Analyse	Standard	Leerwert
10% Na OH	0,2	0,2	0,2
Hydroxylamin HCl	0,2	0,2	0,2
Zentrifugat	0,4	-	-
Trioleinstandard	-	0,4	-
Isopropanol	-	-	0,4

Während der sich anschließenden Pause von 30 Minuten mußte der Inhalt der Reaktionsgefäße mehrmals gut durchmischt werden.

	Analyse	Standard	Leerwert
3,8 n HCl	0,2	0,2	0,2
Eisen-III-chlorid-Lösung	0,2	0,2	0,2
Äther	0,2	0,2	0,2

Danach wurde wiederum gut durchmischt.

Die Messung der Analysenwerte und des Standardwertes gegen den Leerwert erfolgte nach einer zwanzigminütigen Pause mit einem Eppendorf-Photometer (Filter 546 nm). Zur Verwendung kamen 1ml Küvetten mit einer Schichtdicke von 1 cm.

Die Messung mußte in der Zeit von zwanzig Minuten ab-

geschlossen sein, da sich, wie aus Abbildung I ersichtlich wird, die Meßwerte nach Ablauf dieser Zeit ändern.

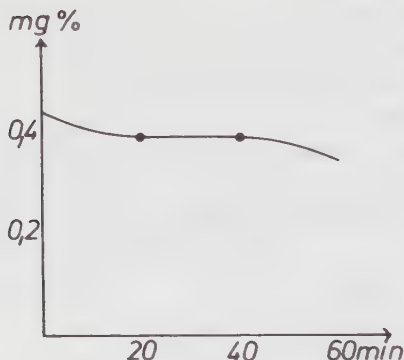


Abb. I

Änderung der Farbintensität nach FRIED und HOEFL-MAYR (1963)

In einem Arbeitsgang konnten jeweils die entnommenen Blutproben von 10 Schweinen untersucht werden.

Reaktionsgefäße und Pipettenspitzen, die eigentlich zum einmaligen Gebrauch bestimmt sind, können bei entsprechender Reinigung mehrere Male verwendet werden.

Die Berechnung der veresterten Fettsäuren erfolgte nach der Formel:

$$\frac{\text{Extinktion Analyse}}{\text{Extinktion Standard}} \times 1000 = \frac{\text{mg/100 ml veresterte Fettsäuren bezogen auf Triolein}}$$

Die errechnete Zahl stellt in Wirklichkeit nicht die Maßzahl für die tatsächlich vorhandene Menge der veresterten Fettsäuren dar, sondern gibt die Menge Tri-

olein an, die die gleiche Menge Esterbindungen enthält wie das zu untersuchende Serum. Der Einfachheit halber soll sie jedoch im folgenden für die tatsächlich vorhandene Menge veresterter Fettsäuren angesehen werden.

Die Werte für das Fleisch-Fett-Verhältnis wurden von der Hessischen Landesanstalt für Leistungsprüfungen in der Tierzucht, Neu-Ulrichstein, zur Verfügung gestellt. Sie sind nach folgender Methode bestimmt worden. Im Anschnitt zwischen der 13. und 14. Rippe erfolgte die planimetrische Bestimmung der Fläche des Musculus longissimus dorsi und des aufgelagerten Fettes.

Der Quotient $x = \frac{\text{Fettfläche}}{\text{Fleischfläche}}$, in Beziehung zum

Fleischanteil (= 1) gebracht, ergab das Fleisch-Fett-Verhältnis angegeben in 1 : x.

3. Untersuchungsergebnisse

a) Werte der veresterten Fettsäuren in Blutserum gesunder Schlachtschweine

Aus den Abbildungen II, III, IV, V und VI wird die Verteilung der Werte für veresterte Fettsäuren im Serum ersichtlich. Zur Verwendung kommen Meßergebnisse von 142 Schweinen.

Die Bezeichnungen bedeuten:

0-Werte	Ohrvenenblut
1-Werte	1. Schlachtblutfraktion
2-Werte	2. Schlachtblutfraktion
3-Werte	3. Schlachtblutfraktion

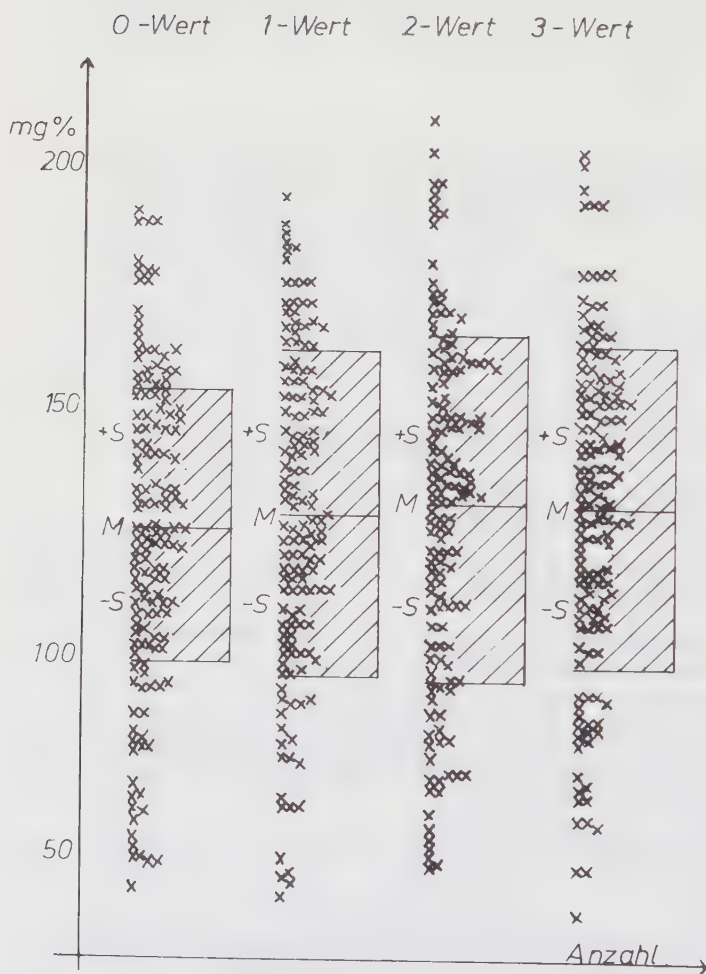
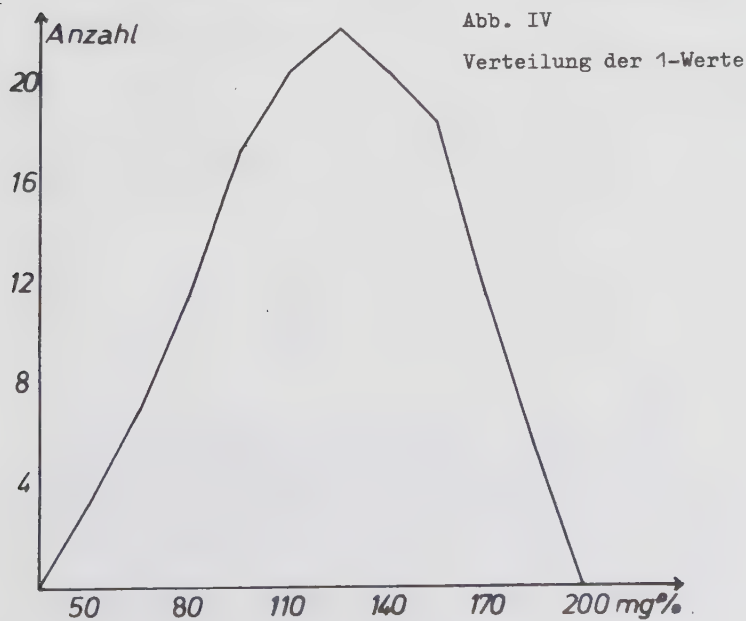
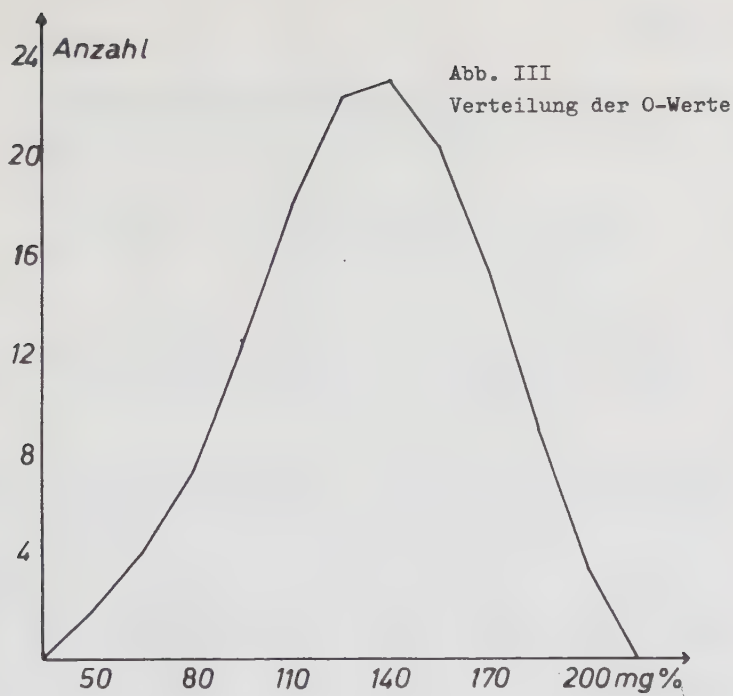
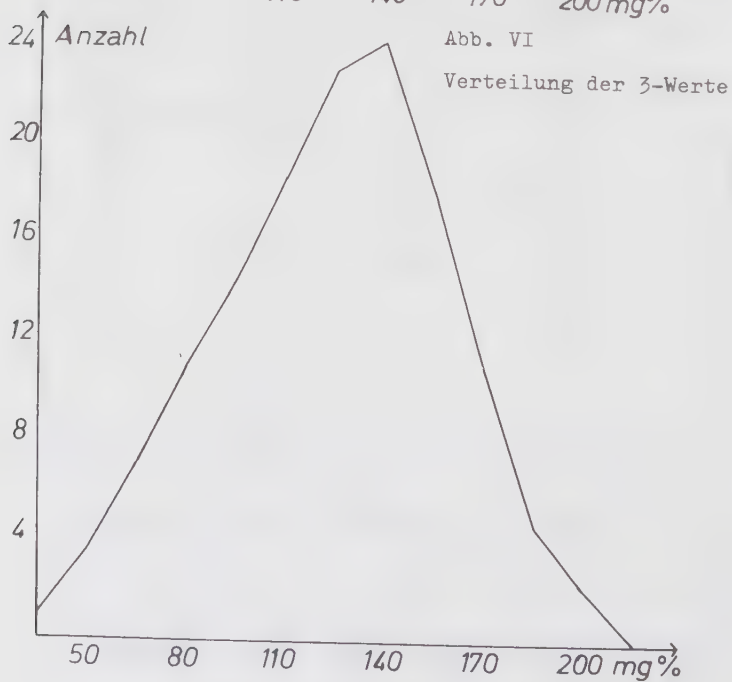
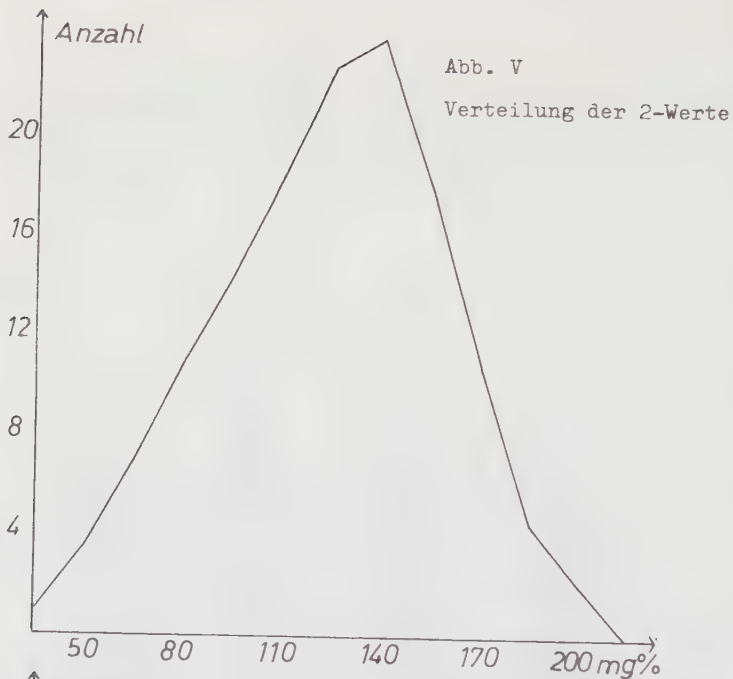


Abb. II

Verteilung der Werte der veresterten Fettsäuren





Bei der statistischen Auswertung der Untersuchungsergebnisse kamen folgende Formeln zur Anwendung.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}; \quad s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - n\bar{x}^2}{n-1}}; \quad VK = \frac{s \cdot 100}{\bar{x}};$$

$$s_D = \frac{\sum D^2}{n-1} - \frac{D^2}{n(n-1)}; \quad s_{\bar{x}_D} = \frac{s_D}{\sqrt{n}}; \quad t = \frac{\bar{x}_D}{s_{\bar{x}_D}};$$

Die Ergebnisse werden aus folgender Tabelle ersichtlich.

	0-Werte	1-Werte	2-Werte	3-Werte
n	142	142	142	142
$\bar{x}$	126,44	129,37	130,8	130,9
n-1	141	141	141	141
s^2	740,65	1051,23	1218,86	1078,04
s	± 27,22	± 32,4	± 34,9	± 32,8
$\bar{x} \pm s$	153,7/99,2	161,8/96,9	165,7/95,9	163,7/98,1
VK	21,5	25,0	26,7	25,1
s_D		434,1		
$s_{\bar{x}_D}$		35,9		
t		0,133		
p		0,5		

Die Untersuchung des Ohrvenenblutes ergab einen Mittelwert $\bar{x} = 126,4$ mg/100 ml, für die 1. Schlachtblutfraktion wurden $\bar{x} = 129,4$ mg/100 ml, für die 2. Fraktion $\bar{x} = 130,8$ mg/100 ml und für die 3. Frak-

tion $\bar{x} = 130,9$ mg/100 ml gefunden. Die Standardabweichungen betrugen für das Ohrvenenblut $\pm 27,2$, für die 1. Fraktion $\pm 32,4$, für die 2. Fraktion $\pm 34,9$ und für die 3. Fraktion $\pm 32,8$ mg/100 ml. Diesen Werten entsprachen Variationskoeffizienten von 21,5%, 25%, 26,7%, bzw. 25,1%.

Um festzustellen, ob der Unterschied zwischen Ohrvenenblut und 1. Schlachtblutfraktion signifikant war, wurde der t-Test nach STUDENT in Form einer Paar-Analyse durchgeführt. Die Schätzung der Standardabweichungen der Differenzen ergab Werte von $s_D = 434,1$. Daraus folgten für die Schätzung der Streuung der Mittelwerte der Differenzen Werte von $s_{\bar{x}_D} = 35,9$. Die Berechnung von t ergab $t = 0,133$. Daraus folgte ein p-Wert größer als 0,50.

Das bei 137 Schweinen vorliegende Fleisch-Fett-Verhältnis geht aus Abbildung VII hervor.

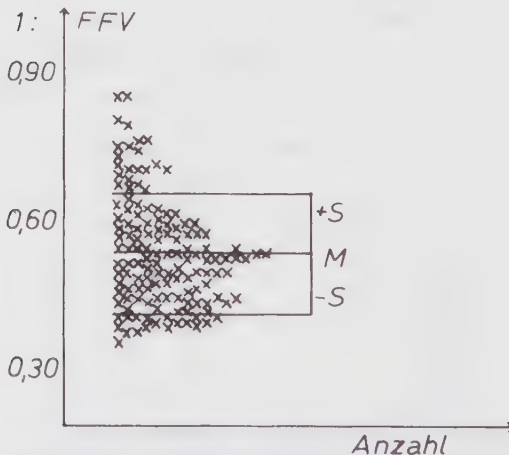


Abb. VII Verteilung des Fleisch-Fett-Verhältnisses

Bei der statistischen Berechnung ergab sich ein Mittelwert von 1:0,55 bei einer Streuung von $\pm 0,12$. Der Variationskoeffizient betrug 21,8%.

3. b) Beziehung der veresterten Fettsäuren im Serum zum Fleisch-Fett-Verhältnis

In Abbildung VIII sind die Serumfettsäureesterwerte in Beziehung zum Fleisch-Fett-Verhältnis gebracht.

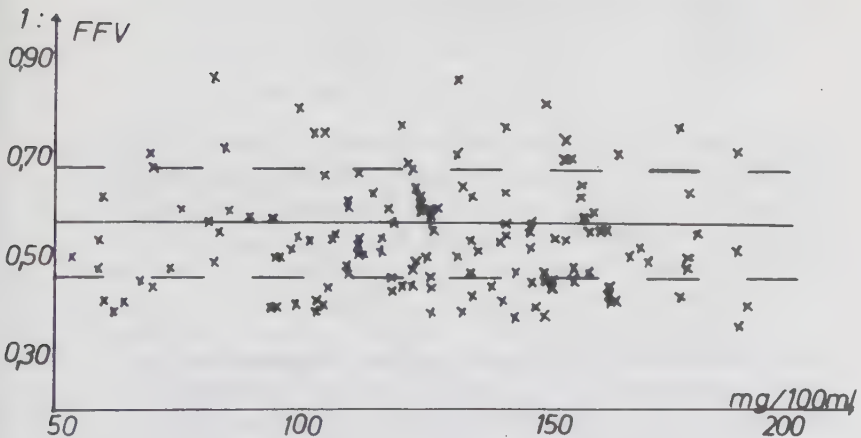


Abb. VIII

Auf der Abszisse sind die veresterten Fettsäuren und auf der Ordinate die Fleisch-Fett-Verhältnis-Werte aufgetragen. Die eingezeichnete Regressionsgerade ergibt sich aus der statistischen Berechnung mit der Angabe des Schnittpunktes mit der y-Achse und der Steigung.

Bei der statistischen Berechnung der Beziehungen kamen nachstehende Formeln zur Anwendung, wobei die x-Werte die veresterten Fettsäuren in mg/100 ml und

die y-Werte das Fleisch-Fett-Verhältnis darstellen.

$$b = \frac{\sum(xy) - \bar{x} \sum(y)}{\sum(x^2) - \bar{x} \sum(x)}; \quad a = \bar{y} - b\bar{x}; \quad y = bx + a;$$

$$s_{y_x} = \sqrt{\frac{\sum(y^2) - \left[\frac{a \sum(y)}{n} + b \sum(xy) \right]}{n}}$$

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2] [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Für die Steigung der Regressionsgeraden ergab sich ein Wert von $b = -0,00026$. Der Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der y-Achse liegt bei $a = 0,583$. Damit ist die Lage der Regressionsgeraden definiert. Ihre Gleichung lautet:

$$y = -0,00026 x + 0,583$$

Die Berechnung der Streuung der Regressionsgeraden ergab einen Wert von $s_{y_x} = 0,11$. Der Korrelationskoeffizient der Beziehung der veresterten Fettsäuren zum Fleisch-Fett-Verhältnis war $r = -0,0017$.

D. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

1. Begründung der Auswahl der Methode Haury

Bei der Auswahl der Untersuchungsmethode mußten die Zahl der zu untersuchenden Seren, der Zeitaufwand, die Genauigkeit, die Haltbarkeit der Reagenzien und nicht zuletzt die Reproduzierbarkeit der Werte berücksichtigt werden. Als Methoden standen zur Auswahl:

Methode nach BAUER und HIRSCH	(1949)
Methode nach STERN und SHAPIRO	(1953)
Methode nach EGGSTEIN	(1961)
Methode nach FRIED und HOEFLMAYR	(1963)

Dabei ist die Methode EGGSTEIN eine Modifikation der Methode BAUER und HIRSCH und die Methode FRIED und HOEFLMAYR eine Modifikation der Methode STERN und SHAPIRO. Unterschiede zwischen den beiden Methoden bestehen im Extraktionsverfahren und im Arbeitsmilieu. BAUER und HIRSCH und EGGSTEIN arbeiten in wasserfreiem Milieu, während STERN und SHAPIRO und FRIED und HOEFLMAYR wässrige Substanzen verwenden. Ausschlaggebend für die Auswahl der Methode FRIED und HOEFLMAYR war die leichtere technische Durchführbarkeit. Während bei EGGSTEIN (1961) Erwärmen, Abdampfen und Arbeiten im Kühlraum notwendig sind, kann die Bestimmung nach FRIED und HOEFLMAYR bei Zimmertemperatur durchgeführt werden. Gerade im Hinblick auf eine eventuelle Anwendung der Bestimmung der veresterten Fettsäuren zur Einstufung eines lebenden Schweines nach Qualitätsmerkmalen muß eine technisch einfache Methode den Vorzug bekommen.

Ein weiterer ausschlaggebender Punkt ist die Herstellung und die Haltbarkeit der Reagenzien. Während bei der Methode EGGSTEIN alle Reagenzien selbst hergestellt werden müssen und nur kurze Zeit haltbar

sind, werden die Reagenzien für die Methode FRIED und HOEFLMAYR von der Firma Haury in München hergestellt und sind jederzeit in der gleichen Qualität verfügbar. Da bei der zuletzt genannten Methode in wäßrigem Milieu gearbeitet wird, ist es nicht notwendig, alkoholische Lösungen der einzelnen Reagenzien herzustellen und aufzubewahren. Die hier verwendeten wäßrigen Lösungen haben nach Angaben der Herstellerfirma unbeschränkte Haltbarkeit.

Diesen beiden für die Auswahl der Methode ausschlaggebenden Gesichtspunkten stehen die Nachteile der Methode Haury gegenüber. EGGSTEIN (1961), der die Arbeitsmethoden im alkoholischen und wäßrigen Milieu geprüft hat, kommt zu dem Schluß, daß beim Arbeiten im wäßrigen Milieu die Triglyceride gut, die Phospholipide ebenfalls gut, die Cholesterinester jedoch schlecht erfasst werden. Er gibt an, daß nur etwa 25 % der Cholesterinester beim Arbeiten im wäßrigen Milieu als Eisenhydroxamatkomplex nachgewiesen werden können.

Wie die Durchführung von Doppeluntersuchungen zeigte, ergab die angewendete Methode gut reproduzierbare Werte.

Die einfache technische Durchführbarkeit, die Haltbarkeit der Reagenzien und die Reproduzierbarkeit der Werte gaben den Ausschlag für die Auswahl der Methode Haury.

Bei den untersuchten Tieren handelte es sich nur um einen genau definierten, kleinen Anteil der Spezies Schwein. Es wurden nur weibliche Tiere einer Rasse und einer Kreuzung, einer Gewichtsklasse und eines Alters untersucht, die alle gleich gehalten, gefüttert und transportiert worden waren. Daher können die ermittelten Ergebnisse der veresterten Fettsäuren im Serum nicht als Normalwerte angesehen werden.

Der gefundene Ohrvenenblutwert für veresterte Fettsäuren von $126,4 \pm 27,2$ mg/100 ml liegt unter den Angaben von LEAT (1964) mit $182,4$ mg/100 ml, von WEIBBACH (1965), der für Mastschweine bis 120 kg $212,4 \pm 53,3$ mg/100 ml findet und von TREMERE et al. (1966) die für Schweine der Gewichtsklasse um 86 kg 184 ± 4 mg/100 ml angeben. WEIBBACH (1965) bestimmte bei Schweinen über 120 kg einen Wert von $121,4 \pm 24,8$ mg/100 ml.

Beim Vergleich des gefundenen Ohrvenenblutwertes mit höheren Wertangaben anderer Autoren muß die Blutentnahmeart berücksichtigt werden. Nach LUDWIG (1968) steigen bei jedem Streß die Serumlipide sofort stark an. Dieser Anstieg wird zwar in erster Linie durch unveresterte Fettsäuren verursacht, aber die veresterten Fettsäuren im Serum nehmen auch zu. Da eine Blutentnahme aus der Vena cava cranialis fast immer mit erheblicher Erregung des Tieres einhergeht, ist dieser Eingriff als starker Streß zu werten. Er findet seinen Niederschlag auch im Ansteigen der Serumlipide. Bei der hier durchgeführten Blutentnahmemethode am ruhig liegenden, nicht fixierten Tier durch Anschnitt einer Ohrvene, entfällt dieser Streß und das dadurch bedingte Ansteigen der Serumlipide. Bei der hier durchgeführten Untersuchung muß allerdings auch berücksichtigt werden, daß die Schweine ca. 1 1/2 Stunden vor der Blutentnahme einem Transportstreß ausgesetzt waren.

Auch die Bestimmungsmethode der veresterten Fettsäuren nimmt Einfluß auf die Höhe der Werte und macht einen Vergleich der auf verschiedene Weisen bestimmten veresterten Fettsäuren fraglich. So muß nach EGGSTEIN (1961) bei der Methode von FRIED und HOEFILMAYR berücksichtigt werden, daß nur 25% von den Cholesterinestern erfasst werden.

Aus den Ergebnissen des t-Testes nach STUDENT folgt

kein signifikanter Unterschied zwischen dem Ohrvenenblut und der 1. Schlachtblutfraktion. Aus diesem Grund wurden die Werte nicht in Beziehung zum Fleisch-Fett-Verhältnis gesetzt, denn ein Unterschied zu den Ergebnissen O-Wert/Fleisch-Fett-Verhältnis war nicht zu erwarten.

Da die 1-, 2- und 3-Werte erst am getöteten Tier gewonnen werden können, haben sie für die Bestimmung des Fleisch-Fett-Verhältnisses am lebenden Tier keine Bedeutung.

Das Fehlen signifikanter Unterschiede zwischen den einzelnen Fraktionen spricht dafür, daß die Betäubung der Schweine keinen Einfluß auf die Höhe der Werte der veresterten Fettsäuren im Serum nimmt.

Berücksichtigt werden muß auch, daß es sich bei dem Ohrvenenblut um rein venöses Blut handelt, während sich die Schlachtblutfaktionen aus einem venösen und einem arteriellen Anteil zusammensetzen. Diese beiden Anteile schwanken von Tier zu Tier je nach der Lage und der Richtung der Stichwunde.

Die Messung des Fleisch-Fett-Verhältnisses, die von der Hessischen Landesanstalt für Leistungsprüfungen in der Tierzucht vorgenommen wurde, erfolgte über das Hilfsmerkmal Fettflächen/Fleischflächen-Verhältnis. In der Literatur wird für dieses Hilfsmerkmal ein Korrelationskoeffizient von $r = 0,75$ angegeben. Es handelt sich also nicht um eine exakte Angabe des Fleisch-Fett-Verhältnisses, sondern um einen Annäherungswert.

Die Vergleichsberechnung der veresterten Fettsäuren zum Fleisch-Fett-Verhältnis ergibt eine Regressionsgerade $y = - 0,00026 x + 0,58$ mit einer Streuung von $s_{y_x} = 0,11$ und einen Korrelationskoeffizienten $r = - 0,0017$. Diese Werte lassen darauf schließen, daß zwischen veresterten Fettsäuren im Serum und dem Fleisch-Fett-Verhältnis in der untersuchten Gewichts-

klasse keine signifikanten Beziehungen bestehen.

Die Begründung mag darin zu suchen sein, daß die Blutfettwerte zu stark von anderen Faktoren abhängig sind. So nehmen nach SELF (1957) das Futtereiweiß und Antibiotikagaben, nach TREMERE et al. (1966) Alter und Gewicht und nach LUDWIG (1968) die Konstitution Einfluß auf die Blutfettwerte. Es ist anzunehmen, daß die Größe der Fettdepots, die praktisch durch das Fleisch-Fett-Verhältnis angegeben wird, keinen Einfluß auf die Menge der im Blut zirkulierenden Fette nimmt. Nicht die Größe der Depots, sondern andere Faktoren, wie die Lage der Fettbilanz, die Menge der Fettstoffwechselsteuerstoffe, die Stoffwechselbilanz u.a. legen die Menge der Blutfette fest.

E. ZUSAMMENFASSUNG

Von 142 weiblichen Schweinen der Deutschen Landrasse und der Kreuzung Deutsches Landschwein x Deutsches Edelschwein wurde das Serum auf seinen Gehalt an veresterten Fettsäuren nach der Methode FRIED und HOEFL-MAYR mit gebrauchsfertigen Reagenzien der Firma Haury untersucht. Die Schweine waren alle gleich gehalten und gefüttert. Die Blutentnahme erfolgte auf dem Schlachthof an liegenden, nicht fixierten Schweinen, deren Alter durchschnittlich 172 Tage bei einem Mastendgewicht von ca. 100 kg betrug.

Die veresterten Fettsäuren im Ohrvenenblut ergaben einen Mittelwert von $126,4 \pm 27,2$ mg/100 ml.

An 137 der o.a. Schweine wurde das Fleisch-Fett-Verhältnis über das Hilfsmerkmal Fettfläche/Fleischfläche am Kotelettanschnitt zwischen der 13. und 14. Rippe festgestellt. Es ergab sich ein durchschnittliches Fleisch-Fett-Verhältnis von $1 : 0,55 \pm 0,12$.

Die Werte der veresterten Fettsäuren im Serum wurden in Beziehung zum Fleisch-Fett-Verhältnis gebracht. Bei einem Korrelationskoeffizienten von $r = -0,0017$ ergab sich zwischen beiden Werten keine signifikante Beziehung. Es ist also bei den untersuchten Tieren nicht möglich, über die Bestimmung der veresterten Fettsäuren im Serum eine Aussage über die Schlachtkörperqualität zu machen.

F. SCHRIFTTUMVERZEICHNIS

1. ALLEN, N.W.
A simple volumetric methode for determination
of fat in blood plasma
Proc. Soc. Exper. Biol. Med. 31, 991-993 (1934)
2. ALLEN, N.W.
Blood fat of diary cattle
University of Minesota Agricultural Experiment-
station (1938)
3. ANDERSON, Th.A. and H.D. FANCH
Effect of restricted acces of feed on the serum
and liver lipids of swine
Proc. Soc. Biol. Med. 115, 402-405 (1964)
4. BAUER, F.G. und E.F. HIRSCH
A new methode for the colorimetric determination
of the total esterified fatty acids in human sera
Arch. Biochem. 20, 242 (1949)
5. BLENDL, H.M.
Eine zuverlässige Methode zur Schätzung des
Fleischanteils in der Nachkommenschaftsprüfung
bei Schweinen
Züchtungskunde 38, 161-175 (1966)
6. BÖHLE, E., H. DISCHUNEIT et al.
Über die Regulation der unveresterten Fettsäuren
unter besonderer Berücksichtigung der Prosta-
glandine
Dtsch. Med. Wschr. 91, 1083-1090 (1966)
7. BOWLAND, J.P. and HIRONAKA
Relationship of plasma lipid levels to carcass
quality and rate of gain in swine
J. Animal Science 16, 62-67 (1957)

8. BRIDE, K.H.
Cholesterinbestimmung im Schweineserum und die
Beziehung zum Fleisch-Fett-Verhältnis
Dissertation Gießen in Vorbereitung
9. DOORNENBAL, H., S.A. ASDELL and G.H. WELLINGTON
Chromium - 51 determined red-cell volume as an
index of lean-body-mass in pigs
J. Animal Science 21, 461-463 (1962)
10. DORP van D.A.
Aspects of the biosynthesis of Prostaglandins
Progr. Biochem. Pharmacol 3, 71 (1967)
11. EGGSTEIN, M.
Chemie, Physiologie und Pathologie der Plasma-
neutralfette
Habilitationsschrift Marburg (1961)
12. EIKMEIER, H.
Therapie der inneren Krankheiten der Haustiere
Ferdinand Enke Verlag Stuttgart (1970)
13. FAVARGER, P.
L'absorption intestinale et l'utilisation des
graisses
Wissenschaftliche Veröffentlichungen der Deutschen
Gesellschaft für Ernährung 1
Dr. D. Steinkopf Verlag Darmstadt (1957)
14. FISCHBACH, E.
Physiologie und physiologische Chemie 6. Auflage
Verlag von Rudolf Müller und Steinicke München
15. FREEMAN, ANISON, NOAKS and HILL
The absorption of micellar fat in pigs
Proc. Nutrit. Soc. 26 (1967)

16. FRIED, R.
Persönliche Mitteilung (1970)
17. FRIED, R. und J. HOEFIMAYR
Eine einfache Bestimmung der β -Lipoproteide
Klin. Wschr. 41, 246 (1963)
18. FRIED, R. und J. HOEFIMAYR
Vereinfachte Methode zur Bestimmung der ver-
esterten Fettsäuren im Serum
Klin. Wschr. 41, 727-728 (1963)
19. GALETTI, F.
Clin. chim. acta 6, 749 (1961)
20. GOLDBLATT, M.W.
Properties of human seminal plasma
J. Physiol. 84, 208 (1935)
21. GREEN, D.E. and S. FLEISCHER
Role of lipid in mitochondrial function
Metabolisme and physiological significiance of
lipids
J. Wiley and Sons Ltd. London (1964)
22. GRIESE, K.
Gesamtlipidbestimmung im Schweineserum und die
Beziehung zum Fleisch-Fett-Verhältnis
Dissertation Gießen in Vorbereitung
23. HALLMANN, L.
Klinische Chemie und Mikroskopie
Georg Thieme Verlag Stuttgart (1960)
24. HAZEL, L.N. and E.A. KLINE
Mechanical measurement of fatness and carcass
value on live pigs
J. Animal Science 11, 313-318 (1952)

25. HOEFLMAYR, J.
Persönliche Mitteilung (1970)
26. HOGBEN, C.A.M.
Fat absorption: A transport problem
Gastroent. 50,51 (1966)
27. HOLMAN, R.T.
Factors influencing the requirement for poly-
unsaturated fatty acids
Am. J. Clin. Nutrit. 8,403 (1960)
28. HORST, P.
Kritische Bewertung der Methoden zur Bestimmung
des Schlachtkörperwertes beim lebenden Schwein
Z. Tierzüchtung und Züchtungsbiologie
80,167-191 1. Mitteilung (1963/1964)
29. HORST, P.
Einsatz eines neuen Ultraschallschnittbild-
systems in der Schweinezucht
Züchtungskunde 42,116-121 (1970)
30. KARLSON, P.
Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner
und Naturwissenschaftler
Georg Thieme Verlag Stuttgart (1964)
31. KLENK, E.
Untersuchung über die Chemie und den Stoff-
wechsel der Polyenfettsäuren
De Gruyter & Co. Berlin (1967)
32. KLENK, E., DEBUCH, ZÖLLNER et al.
Vorschlag zur Vereinheitlichung der Nomenklatur
der Neutralfette und der Lipoide
Biochem. Z. 335,422 (1962)

33. KLIESCH, J. und P. HORST
Untersuchung zur Beurteilung der Schinkenzusammensetzung am lebenden und geschlachteten Schwein mit Röntgenstrahlen
Züchtungskunde 36, 76-86 (1964)
34. LANG, K.
Biochemie der Ernährung
Verlag von Dr. Dietrich Steinkopf
Darmstadt (1957)
35. LAUPRECHT, E., W.von SCHUTZBAR und E. WALTER
Beitrag zur Bestimmung der Querschnittsfläche des langen Rückenmuskels und der darüber liegenden Fettschicht bei Schweinen mit dem Ultraschall-Echolot
Z. f. Tierzüchtung und Züchtungsbiologie
72, 237 (1963)
36. LEAT, W.M.F.
Fatty acid composition of the serum lipids of pigs given different amounts of linolic acid
Biochem. J. London 89, 44-51 (1963)
37. LEUTHARDT, F.
Lehrbuch der physiologischen Chemie
Verlag Walter Gruyter & Co. 15. Auflage
38. LOHSE, B., E.KALLWEIT und L.A.J. SCHRÖDER
Merkmale zur Abschätzung des Schlachtkörperwertes bei 110 kg schweren Schweinen
Fleischwirtschaft 47, 1360-1362 (1967)
39. LUDWIG, L.
Fett und Ernährung
Margarine Institut für gesunde Ernährung (1968)

40. LYNEN, F.
Aufbau der Fettsäuren in der Zelle
Naturwiss. Rdsch. 20, 231-239 (1967)
41. MORROW, R.E., A.M. PEARSON, J.A. HOEFER
Effects of feeding, fastening and environmental
temperature upon blood plasma lipid levels of
swine
J. Animal Science 22, 466-470 (1963)
42. NEU, H.
B-Lipoproteidbestimmung im Schweineserum und
die Beziehung zum Fleisch-Fett-Verhältnis
Dissertation Gießen in Vorbereitung
43. PEZOLD, F.A.
Lipide und Lipoproteide im Blutplasma
Springer Verlag Berlin (1961)
44. PFAU, A. et al.
Untersuchungen zur Bestimmung von Körperbe-
standteilen über 40-K-Gamma Radioaktivitäts-
messungen
Z. d. Tierzüchtung und Züchtungsbiologie
78 (1963)
45. POLE, V.P.
Fat as an energy source
Fat as a tissue Mc Graw Hill
New York, Toronto, London (1964)
46. ROBINSON, D.S.
The physiological significance of the plasma
triglycerids in fat transport
Metabolisme and physiological significance of
lipids
J. Wiley and Sons, Ltd. London (1964)

47. SCHENK, M. und KOLB
Grundriß der physiologischen Chemie für Veteri-
närmediziner, Humanmediziner und Biologen
VEB Gustav Fischer Verlag Jena (1961)
48. SCHEPER, J.
Über die Bedeutung des täglichen Gesamt-,Fleisch-
und Fettzuwachses für das Fleisch-Fett-Verhältnis
beim Schwein 1. Mitteilung
Züchtungskunde 35,64-72 (1963)
49. SCHEUNERT, A. und A. TRAUTMANN
Lehrbuch der Veterinärphysiologie 5. Auflage
Paul Parey in Berlin und Hamburg (1965)
50. SCHETTLER, G.
Das Atheroskleroseproblem
Dtsch. Med. Wschr. 81,526 (1956)
51. SCHÖN, H.
Fettbestimmung im Serum
Laboratoriumsmedizinische Hefte 3 (1957)
52. SCHÖN, H. und ZELLER
Über die Bedeutung erhöhter Serumlipidwerte für
die Atherogenese
Münch. Med. Wschr. 104,2433-2440 (1962)
53. SCHÖN, L.
Objektive Daten der Schlachttierkörperzusammen-
setzung zur Ermittlung von Wertkoeffizienten
Mitteilungen für Tierhaltung 117,17-25
118,14-15
54. SCHÖN, L.
Zur Verteilung von Fleisch und Fett beim Schwein
Jahresbericht der Bundesforschungsanstalt für
Fleischwirtschaft 119,119 (1958)

55. SCHÖN, L. und J. SCHEPER
Untersuchungen über die Fleischschweinezucht in
der BRD 1. und 2. Mitteilung
Fleischwirtschaft 47, 853-858 (1967)
47, 1130-1139
56. SCHÖNBECK, M. et al.
Serumlipide gesunder Menschen
Medizinische Klinik 14/65, 644-649 (1970)
57. SCHOTMANN, A. und G. WAGENAAR
Hyperlipemia in ponies
Zentralbl. Vet.Med. A 16, 1-7 (1969)
58. SCHRADE, W.
Zur Regulation der Lipide des Blutes
Dtsch. Med. Wschr. 81, 617-621 (1956)
59. SCHRADE, W. und R. BIEGLER
Über die Beteiligung der Lunge am Fettstoff-
wechsel
Zentralbl. experim.Med. 126, 125-140 (1955)
60. SELF, H.L.
Blood fat levels in growing, finishing swine as
influenced by sex, age, breed and rations
J. Animal Science 18, 561-566 (1959)
61. SENIOR, J.R.
Intestinal absorption of fats
J. Lip. Res. 5, 495 (1964)
62. SIEBURG, H.
Methoden zur Bestimmung des Schlachtwertes am
lebenden und geschlachteten Schwein
Dissertation Göttingen (1957)

63. STERN, J. and B. SHAPIRO
A rapid simple methode for the determination
of esterified fatty acids and for the total
fatty acids
J. Clin. Path. 6, 749 (1953)
64. SWAHN, B.
Studies on blood lipids
Scand. J. Clin. Lab. Invest. 5 Suppl. 9 (1953)
65. TREMERE, A.W., OWEN and J.M. BELL
Relationship between blood serum lipid an protein
constituents and carcass measurement in swine
J. Animal Science 25, 138-141 (1966)
66. WEIEBACH, J.
Über die Bestimmung des Gesamtfettgehaltes und
der veresterten Fettsäuren im Blutserum gesunder
Schweine
Dissertation Hannover (1965)
67. WENIGER, J.H. et al.
Untersuchungen zur Methode und Anwendung des
Echolotverfahrens in der Leistungsprüfung beim
Schwein
Bayr. Landw. Jahrbuch 44, 842-874 (1967)
68. WRIEDT, J.
Über den Cholesteringehalt im Blutserum bei in-
neren und chirurgischen Erkrankungen des Rindes
Dissertation Hannover (1964)
69. ZÖLLNER, N.
Untersuchungen über das Verhalten der Plasmalipoide
bei idiopathischer Hypercholesterinämie, unter be-
sonderer Berücksichtigung der Cholesterinester
Z. Klin. Chem. 1, 18-24 (1963)

70. ZÖLLNER, N. und D. EBERHAGEN

Untersuchung und Bestimmung der Lipide im Blut

Springer Berlin-Heidelberg-New-York (1965)

71. ZÖLLNER, N. und D. EBERHAGEN

Untersuchungen über den Stoffwechsel und klinische Bedeutung der mehrfach ungesättigten Fettsäuren

Medizinische Klinik 60, 1192-1195 (1965)

Lebenslauf

Am 10. Mai 1942 wurde ich als Sohn des Sparkassenleiters Walter Rödder und seiner Ehefrau Edeltraut geborene Czilwa in Anklam geboren.

Von Ostern 1948 bis Ostern 1953 besuchte ich die Volksschule in Elsenroth, in den beiden folgenden Jahren die Realschule in Wiehl und ab Ostern 1955 das Hollenberg-Gymnasium in Waldbröl, wo ich 1963 die Reifeprüfung ablegte.

Von 1963 bis 1965 leistete ich meinen Wehrdienst bei der Bundeswehr ab.

Im Sommersemester 1965 begann ich das Studium der Veterinärmedizin an der Justus Liebig-Universität in Gießen. 1967 bestand ich dort die Tierärztliche Vorprüfung und 1970 die Tierärztliche Prüfung.

FOTO-DRUCK LENZ · 63 Gießen · Riegelpfad 32, Ecke Ludwigstraße
Telefon 0641-77449